

Agro-Divulgación

Año 5 • Volumen 5 • Número 6 •
noviembre-diciembre, 2025

Rizobacterias como biomejoradores
y biofertilizantes para impulsar la
producción de caña de azúcar **3**

Crecimiento y alimentación: aspectos
para la productividad de Aves Criollas
Mexicanas **7**

Propuesta de nuevos cultivos a partir de
plantas silvestres con potencial alimenticio **11**

Fermentación aeróbica y secado de
cladodios de nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) **17**

Una mirada al sistema productivo y
comercial de orquídeas en México **21**

Mejora en los índices de calidad de jugo
de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) con
aplicación de abonos orgánicos **29**

Recuperación de nutrientes mediante la
mineralización de efluentes de biofloc del
cultivo de tilapia **33**

y más artículos de interés...

Aspectos críticos en
la colecta de muestras de
cítricos
para obtener ácidos
nucleicos para investigación


página 53


Contenido

Año 5 • Volumen 5 • Número 6 • noviembre-diciembre, 2025


Casos de éxito	
Rizobacterias como biomejoradores y biofertilizantes para impulsar la producción de caña de azúcar	3
Crecimiento y alimentación: aspectos para la productividad de Aves Criollas Mexicanas	7
Propuesta de nuevos cultivos a partir de plantas silvestres con potencial alimenticio	11
Fermentación aeróbica y secado de cladodios de nopal (<i>Opuntia ficus-indica</i> L.)	17
Una mirada al sistema productivo y comercial de orquídeas en México	21
Mejora en los índices de calidad de jugo de caña de azúcar (<i>Saccharum</i> spp.) con aplicación de abonos orgánicos	29
Recuperación de nutrientes mediante la mineralización de efluentes de biofloc del cultivo de tilapia	33
Hacia un modelo de cafecultura climáticamente inteligente mediante diagnóstico rápido participativo	37
Biofertilizantes como mitigadores de la degradación química y nutricional del suelo con cultivo de melón	41
De la calificación discreta a la clasificación multicriterio en subsidios agrícolas	45
Las semillas nativas de Chile y su importancia cultural y agrícola	49
Aspectos críticos en la colecta de muestras de cítricos para obtener ácidos nucleicos para investigación	53
Fresa (<i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.): síntomas y muestreo en campo	57
Subproductos agroindustriales tropicales como sustrato alternativo para la producción forestal en vivero	61
Sistema de Semáforo para gestión eficiente de buenas prácticas agrícolas en agroecosistemas de <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	65
Extractos vegetales para el manejo de plagas: un enfoque metabólico	69
Cultivo <i>in vitro</i> como una potencial técnica para la conservación de <i>Sechium</i> P. Browne	75

Comité Científico

Dr. Said Infante Gil
Colegio de Postgraduados
México
 0000-0001-9127-2033

Dr. Juan Francisco Aguirre Medina
Universidad Autónoma de Chiapas
México
 0000-0002-8269-7854

Dr. José Luis Yagüe Blanco
Universidad Politécnica de Madrid
España
 0000-0002-7751-8436

Dr. Pedro Cadena Iñiguez
INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias)
México
 0000-0002-9726-8972

Dra. Libia Iris Trejo Téllez
Colegio de Postgraduados, México
México
 0000-0001-8496-2095

Comité Editorial

Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza - Editora en Jefe
Dr. Jorge Cadena Iñiguez - Fundador de la revista
Dr. Carlos Hugo Avendaño Arrazate - Editor Adjunto
Lic. BLS. Moisés Quintana Arévalo - Cosechador de metadatos
M.C. Valeria Abigail Martínez Sias - Diagramador
M.C. Erika de la Rosa Esquivel - Diseñador
M.A. Ana Luisa Mejía Sandoval - Asistente



Agro-Divulgación

Bases de datos de contenido científico






Agro-Divulgación. Revista impresa de la Editorial del Colegio de Postgraduados, Año 5, Volumen 5, Número 6, noviembre-diciembre 2025. Es una publicación bimestral editada por el Colegio de Postgraduados, Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, C.P. 56264. Tel. 5959284427. <https://agrodivulgacion-colpos.org/index.php/lagrodivulgacion1/index>. Editor responsable: Dr. Jorge Cadena Iñiguez. Reservas de derechos al uso exclusivo núm. 04-2022-080811045100-102. ISSN: 2954-4483, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. Responsable de la última actualización: M.C. Valeria Abigail Martínez Sias. Fecha de última modificación, 12 de marzo de 2026. El tiraje consta de 500 ejemplares.




Es responsabilidad del autor el uso de las ilustraciones, el material gráfico y el contenido creado para esta publicación.

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores, y no reflejan necesariamente los puntos de vista del Colegio de Postgraduados, de la Editorial del Colegio de Postgraduados, ni del Editor de la publicación.

Contacto principal

 Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza
 Guerrero 9, esquina avenida Hidalgo,
C.P. 56220, San Luis Huexotla, Texcoco,
Estado de México.
 larevalo@colpos.mx

Contacto de soporte

 Soporte
 5959284703
 martinez.valeria@colpos.mx

Directrices para Autoras y Autores

- 1. Naturaleza de los trabajos:** Las contribuciones que se reciban en la revista **Agro-Divulgación** deben ser resultados originales derivados de un trabajo académico de alto nivel sobre los tópicos presentados en la sección de temática y alcance de la revista, la escritura debe ser clara y concisa. Se reciben caso de éxito derivados de la transferencia tecnológica de resultados de investigación ($I+D+i$), desarrollo de nuevas variedades vegetales, desarrollos tecnológicos, patentes, modelos de utilidad, modelos de intervención social (estudios de género, migración, desarrollo rural, psicología social, etc.) de manejo y conservación de recursos naturales, modelos de asociación, organización, comercialización e innovaciones entre otros principales temas que hayan sido adoptados por la sociedad.
- 2. Extensión y formato:** Los artículos deberán estar escritos en archivo editable word.doc o .docx, no se aceptan pdfs ni documentos con candados; con una extensión de 3 a 5 cuartillas máximo para los casos de éxito y de 5 a 10 cuartillas para artículos de divulgación *in extenso*, tamaño carta con márgenes de 2.5 centímetros, Arial de 12 puntos, interlineado doble, sin espacio entre párrafos. Las páginas deberán estar foliadas desde la primera hasta la última en el margen inferior derecho. La extensión total incluye abordaje textual cuadros, figuras, imágenes y todo material adicional. Debe evitarse el uso de sangría al inicio de los párrafos. Las secciones principales del artículo deberán escribirse en mayúsculas, negritas y alineadas a la izquierda. Los subtítulos de las secciones se escribirán con mayúsculas sólo la primera letra, negritas y alineadas a la izquierda.
- 3. Exclusividad:** Los trabajos enviados a **Agro-Divulgación** deberán ser inéditos y sus autores se comprometen a no someterlos simultáneamente a la consideración de otras publicaciones.
- 4. Idiomas de publicación:** Se recibirán textos en español con títulos y contenido en idioma español. Las publicaciones se harán en idioma español.








5. **ID de las y los Autores:** El nombre de los autores se escribirán comenzando con el apellido o apellidos unidos por guion, el primer nombre de pila completo y el segundo (en caso de haberlo) sólo con la inicial mayúscula seguida de punto, separados por comas, con un índice progresivo en su caso. Los nombres de los diferentes autores quedarán separados por puntos y comas (;). Es indispensable que todos y cada uno de los autores proporcionen su número de identificador normalizado ORCID, para mayor información ingresar a orcid.org
6. **Institución de adscripción:** Es indispensable señalar la institución de adscripción y país de todos y cada uno de los autores, indicando exclusivamente la institución de primer nivel, sin recurrir al uso de siglas o acrónimos. En todo caso, incluir población, municipio, estado y país del lugar de adscripción institucional. Al final del país, seguido de las letras C.P., incluir el código postal.
7. **Estructura:** En el texto principal (separado de la página de presentación), los elementos que se deben incluir son: título, resumen y abstract, problema, solución, evidencias gráficas o tablas de resultados, impactos e indicadores (no incluir bibliografía ni agradecimientos).
8. **Título:** Debe ser breve y reflejar claramente el contenido. Cuando se incluyan nombres científicos deben escribirse en *itálicas*. No deberá contener abreviaturas ni exceder de 15 palabras. Se escribirá en Altas y bajas (mayúsculas y minúsculas) como una oración normal. Deberá estar escrito en negritas, centrado y no llevará punto final.
9. **Problema:** Se escribirá el problema, su importancia y limitaciones que genera hacia la sociedad o determinado sector de ésta. Asentará con claridad el estado actual del problema justificando brevemente la investigación realizada. No deberá ser mayor a media cuartilla.
10. **Solución:** Se especificará como se desarrolló la solución, incluyendo el tipo de investigación (laboratorio, campo, experimental, participativa, etc.).
11. **Impactos e indicadores:** Son de acuerdo con indicadores de políticas públicas. Se presentan en una sola sección en forma de cuadro, presentando la innovación, el impacto que se tuvo, un indicador general y específico. Deben ser puntuales, claras y concisas, y no deben llevar discusión, haciendo hincapié en los aspectos nuevos e importantes de los resultados obtenidos y que establezcan los parámetros finales de lo observado en el estudio (**Véase ejemplo en la siguiente página**).
12. **Cuadros:** Deben ser claros, simples y conciso. Se ubicarán inmediatamente después del primer párrafo en el que se mencionen o al inicio de la siguiente cuartilla. Los cuadros deben numerarse progresivamente, indicando después de la referencia numérica el título del mismo (Cuadro 1. Título), y se colocarán en la parte superior. Al pie del cuadro se incluirán las aclaraciones a las que se hace mención mediante un índice en el texto incluido en el cuadro. Se recomienda que los cuadros y ecuaciones se preparen con el editor de tablas y ecuaciones del procesador de textos, evitar enviar cuadros como imágenes. En la versión en español, evitar usar la palabra “Tabla” en lugar de “Cuadro”. Los cuadros deberán contener toda información necesaria para explicarse por sí solos, si se les extrae del artículo.
13. **Uso de siglas y acrónimos:** Para el uso de acrónimos y siglas en el texto, la primera vez que se mencionen, se recomienda escribir el nombre completo al que corresponde y enseguida colocar la sigla entre paréntesis. Ejemplo: Petróleos Mexicanos (Pemex); después sólo Pemex.
14. **Nombres científicos:** Al igual que en el caso anterior, la primera vez que se mencione una especie, se recomienda escribir el nombre común seguido del nombre científico y la abreviatura o inicial del clasificador, entre paréntesis. Ejemplo: tomate (*Solanum lycopersicum* L.); después sólo tomate. En todo caso, se deberán apegar a las normas actuales de clasificación taxonómica de especies.
15. **Elementos gráficos:** Corresponden a dibujos, gráficas, diagramas y fotografías. Deben ser claros, simples y concisos. Se ubicarán inmediatamente después del primer párrafo en el que se mencionen o al inicio de la siguiente cuartilla. Las figuras deben numerarse progresivamente, indicando después de la referencia numérica el título del mismo (Figura 1. Título), y se colocarán en la parte inferior. Las fotografías deben ser de preferencia a colores y con una resolución de 300 dpi en formato JPG, TIF, PNG o RAW. Las gráficas o diagramas serán en formato de vectores (CDR, EPS, AI, WMF o XLS). El autor deberá enviar dos fotografías adicionales para ilustrar la página inicial de su contribución. Las figuras deberán contener toda información necesaria para explicarse por sí solas, si se les extrae del artículo.
16. **Unidades.** Las unidades de pesos y medidas usadas serán las aceptadas en el Sistema Internacional.

Impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos, etc.	Asociaciones de Productores	Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería Secundario: Actividades económicas que transforman las materias primas en productos elaborados (Agroindustria) Terciario: Servicios que se prestan a la sociedad: Comercio, Transporte, Educación, Ocio, etc. Cuaternario: Servicios basados en el conocimiento que prestan industrias de las Tecnologías de Información y comunicación, de consultoría empresarial, de planificación financiera, de informática y de investigación científica. Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (<i>I+D+i</i>)	Social	Ciencia y Tecnología	Competitividad	Registro solicitado y concedido
Procesos	Implementación de una nueva o significativa mejora de un método de producción o de suministro	Gobierno de los Estados		Económico	Económico	Recursos Humanos	Certificaciones
Servicios	Cambia el concepto de un servicio, canal de interacción con el cliente, sistema de prestación de servicios, o conceptos tecnológicos que, de forma individual, pero muy posiblemente en combinación, conduce a una o más funciones renovadas o totalmente nuevas de servicio	Productores independientes		Ambiental Conocimiento	Educación	Comercio	Patentes solicitadas y concedidas
Modelo de negocio	Creación o reinención de un negocio	Comunidades Agrarias		Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Responsabilidad Ambiental	Generación de empleos	Numero de tesis
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible	Poblaciones en particular		Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Salud Pública	Capacitación	Número de egresados (Lic. M.C., D.C.)
Innovación frugal	Hacer más con menos. Idear estrategias de bajo costo para sortear las complejidades institucionales o limitaciones de recursos, conseguir innovar, desarrollar y entregar productos y servicios a los usuarios de bajos ingresos con poco poder adquisitivo	Zonas turísticas		Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Finanzas Públicas	Número de publicaciones
Innovación de código abierto	Filosofía o metodología pragmática que promueve la redistribución libre y el acceso al diseño final de un producto y los detalles de su implementación	Etc.		Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o combinación de dos o más de las opciones anteriores	Número de familias beneficiadas
A través de experiencias	Crean experiencias holísticas a través de la participación emocional de sus consumidores			Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o combinación de dos o más de las opciones anteriores	Empresas rurales formadas
Innovación disruptiva	Ayuda a crear un nuevo mercado y que es capaz de perturbar de tal forma un mercado existente que en pocos años lo desplaza o desaparece. Ejemplos: telefonía móvil, uso de computadoras, hicieron que desplazara o desaparecer tecnologías anteriores.			Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o combinación de dos o más de las opciones anteriores	Empresas formadas
				Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o combinación de dos o más de las opciones anteriores	Transferencias tecnológicas
			Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o combinación de dos o más de las opciones anteriores	Desarrollo de productos y servicios para la sociedad	
			Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o combinación de dos o más de las opciones anteriores	Exportación incremento (%)	
			Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o combinación de dos o más de las opciones anteriores	Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico	
			Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o combinación de dos o más de las opciones anteriores	Reducción de mortalidad	
			Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o combinación de dos o más de las opciones anteriores	Número de empleos generados	

Casos de éxito

Rizobacterias como biomejoradores y biofertilizantes para impulsar la producción de caña de azúcar

Daniel, Perales-Rosas¹; Rocío C., López-González¹; Miguel, Gutiérrez-Fidencio¹; Anahí, Borrás-Enríquez²; Fabiola, Veana¹; Heriberto, Ramírez-Cathí¹; Jorge L., González-Escobar¹

¹ Tecnológico Nacional de México/ IT de Ciudad Valles. Carretera al Ingenio Plan de Ayala Km 2, Vista Hermosa, Cd Valles, San Luis Potosí, México, C.P. 79010

² Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Carretera Panamericana Km. 1080. C.P. 29050, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

* Autor para correspondencia: jorge.gonzalez@tecvales.mx

Problema

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es un cultivo que impulsa la producción de alimentos, proporciona insumos para la industria azucarera y la cogeneración de bioenergías. La producción de la caña de azúcar en México es de gran importancia, ya que aporta el 16.44% del PIB agropecuario y genera 440 mil empleos directos y más de 2.5 millones de empleos indirectos. Sin embargo, a nivel nacional, este cultivo enfrenta un riesgo económico debido a los bajos rendimientos, por ejemplo, en el año 2023 se obtuvieron 69.3 t ha⁻¹ y para el 2024 fue 61.59 ton/ha. Por ejemplo, Colombia reporta rendimientos superiores a 120 t ha⁻¹, lo que muestra la baja competitividad de México en la producción de caña a nivel internacional. La caña de azúcar tiene el potencial de alcanzar mayores rendimientos de biomasa y azúcares, ya que es una de las especies fotosintéticamente más eficientes en el aprovechamiento de la energía solar. Sin embargo, existen múltiples factores que afectan el rendimiento como los requerimientos técnicos, hídricos y nutricionales (Figura 1).

Cómo citar: Perales-Rosas, D., López-González, R. C., Gutiérrez-Fidencio, M., Borrás-Enríquez, A., Veana, F., Ramírez-Cathí, H., & Gonzalez, J. L. Rizobacterias como biomejoradores y biofertilizantes para impulsar la producción de caña de azúcar. *Agro-Divulgación*, 5(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i6.464>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Marzo 2026.

Agro-Divulgación, 5(6). Noviembre-Diciembre. 2025. pp: 3-6.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International

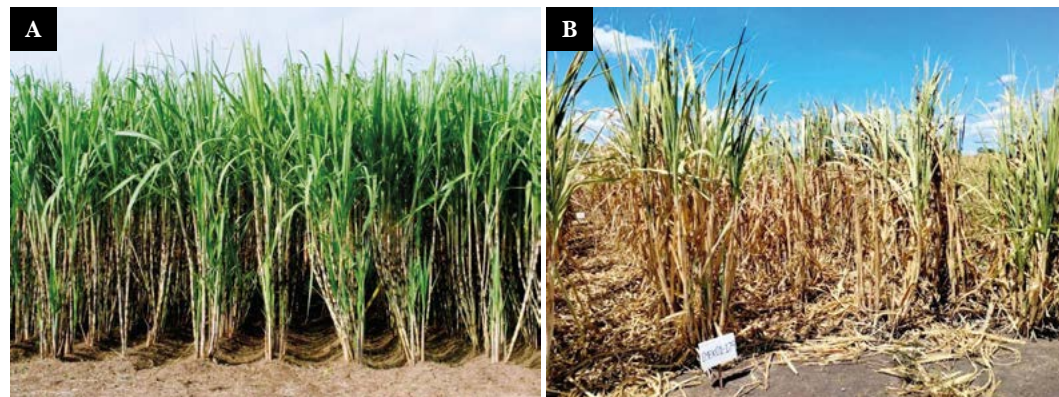


Figura 1. Cultivo de caña de azúcar. (A) Efecto del suministro de fertilizantes adecuado; (B) Efecto de la deficiencia de nutrientes y agua.

Una de las principales limitaciones en el rendimiento de la caña es el uso de suelos poco fértiles que están meteorizados y con déficit de fósforo y nitrógeno. Además, los suelos se han deteriorado por la sobreexplotación de monocultivos altamente extractivos como la caña de azúcar. Al igual que en otros cultivos, el fósforo (P) es un elemento crítico en el cultivo de caña, ya que este elemento tiene un papel esencial en el desarrollo del macollo (sistema de raíces) y la longevidad. La baja disponibilidad de P se debe al bajo contenido en el suelo, la absorción en arcilla y su precipitación/captura con óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio. Por otro lado, el nitrógeno es fundamental para el aumento del número de tallos, el área foliar y la formación de clorofila, favoreciendo la actividad fotosintética. La insuficiencia de este nutriente disminuye la actividad de las enzimas responsables de la fijación del CO₂, teniendo como consecuencia bajos rendimientos en biomasa y azúcares. Por esta razón, una de las estrategias para mejorar la producción de caña es el suministro constante de fertilizantes químicos. Sin embargo, estas prácticas agrícolas han generado considerables impactos económicos y ambientales.

Solución planteada

Con la visión de impulsar una agricultura sostenible en la producción de caña de azúcar en México, se propone adoptar nuevas estrategias como el uso de bioestimulantes y biofertilizantes, con el fin de aumentar los rendimientos agrícolas, recuperar la salud de los suelos y disminuir el uso de grandes cantidades de fertilizantes inorgánicos. Los bioestimulantes son productos que contienen sustancias (productos metabólicos, fitohormonas, aminoácidos, ácidos húmicos, silicio y otros) y/o microorganismos, que tienen un efecto benéfico en las plantas, ya que pueden estimular los procesos naturales para mejorar la absorción de nutrientes, la biodisponibilidad de los nutrientes, la tolerancia al estrés abiótico y la calidad del cultivo. Los biofertilizantes son productos compuestos por microorganismos benéficos (bacterias y hongos), ya sea en su forma activa (vivos) o inactiva (encapsulados), formulados con una sola cepa o en forma de consorcios microbianos, capaces de colonizar la rizosfera o los tejidos internos de las plantas. Estos microorganismos contribuyen promoviendo la disponibilidad de nutrientes (N, P y K, entre otros) del suelo, así como su absorción por parte de las plantas, resultando en una mayor salud y productividad en los cultivos.

Los microorganismos más utilizados para el diseño de biofertilizantes son los fijadores de N, los solubilizadores de K, Fe y P y las rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas (PGPR) (Figura 2). Entre estos grupos microbianos hay especies del género *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Rhizobium*. Muchos de estos microorganismos son multifuncionales, ya que pueden contribuir en más de un mecanismo beneficioso para la planta. Actualmente, existen evidencias sólidas donde los bioestimulantes y biofertilizantes benefician a diversos cultivos de interés comercial, describiendo mecanismos de acción (Cuadro 1). Se ha informado que la aplicación de estos productos puede mejorar el rendimiento de varios cultivos en un 25% y reducir el requerimiento de nitrógeno (N) en un 50% y el requerimiento de fósforo (P) en un 25% en los sistemas agrícolas. En el cultivo de caña se ha observado que la inoculación de *B. subtilis* y *A. brasilense* aumentó el contenido de P disponible en el suelo más de cuatro veces en comparación con los tratamientos

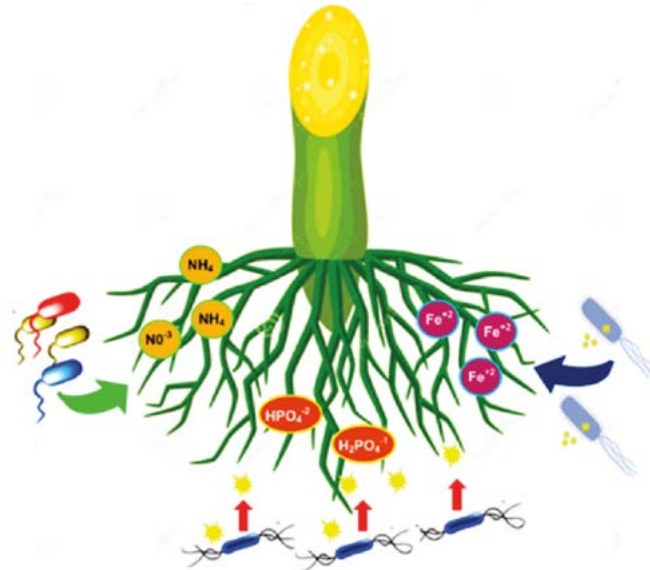


Figura 2. Estrategia de fertilización sustentable mediante el uso de PGPR.

Cuadro 1. Beneficios de la inoculación de PGPR en cultivos.

Beneficios	Inoculantes microbianos	Cultivos
Tolerancia a estrés por sequía	<i>Pseudomonas</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Azospirillum</i> y <i>Phyllobacterium</i>	Maíz, frijol, tomate, pimienta, trigo
Tolerancia al estrés salino	<i>Bacillus</i> , <i>Exiguobacterium</i> , <i>Azospirillum</i> , <i>Achromobacter</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Dietzia</i>	Maíz, lechuga, tomate, arroz, sorgo, mijo
Mayor absorción de nutrientes	<i>Pantoea</i> sp., <i>Paenibacillus</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>A. brasilense</i>	Arroz, maíz chile habanero, caña de azúcar
Mayor biomasa	<i>A. brasilense</i> , <i>Sinorhizobium meliloti</i> , <i>P. fluorescens</i> , <i>Bacillus subtilis</i>	Alfalfa, tabaco, tomate, maíz
Bioestimulación por fitohormonas	<i>Azospirillum</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Arthrobacter</i> , <i>Dietzia</i>	Arroz, tomate y trigo
Biorremediación de contaminantes	<i>Ochrobactrum</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Alcaligenes</i> , <i>Enterobacter</i>	Arroz, maíz, maní

no inoculados, incrementando así más del 36% la masa seca del tallo y la biomasa total. Además, estos microorganismos pueden mejorar la producción de los niveles de prolina y ácido abscísico en las plantas, lo que promueve el crecimiento de raíces, la estimulación de pigmentos fotosintéticos, producción de biomasa y mejora la resistencia al estrés por sequía. Por lo tanto, estas investigaciones demuestran que los PGPR son una alternativa para impulsar en cultivo de caña de azúcar en México.

Desafíos y oportunidades

El uso de biofertilizantes/bioestimuladores es una de las herramientas agrícolas más prometedoras para mejorar el crecimiento y el rendimiento de los cultivos de caña de azúcar. Sin embargo, se requiere mayores esfuerzos en la investigación, ya que para el desarrollo de estos productos se requiere conocimientos sólidos de los microorganismos emplea-

dos, la funcionalidad específica hacia las plantas, los mecanismos de acción involucrados, aspectos de sensibilidad y bioseguridad, las dosis óptimas, las condiciones y/o sugerencias particulares para la aplicación en campo, así como la estabilidad de los productos en la vida de anaquel. Otro desafío importante es la falta de una política regulatoria en México, para la correcta venta y distribución de estos productos. Por lo tanto, el establecimiento de un marco normativo permitiría el impulso de la investigación, desarrollo y la innovación de estos bioinsumos, así como la aplicación de nuevas tecnologías en la formulación, la estandarización del etiquetado, la ampliación del mercado y su fácil comercialización.

Innovaciones, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos, etc.	Asociaciones de Productores Gobierno de los Estados	Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería	Social Económico Ambiental Conocimiento	Ciencia y Tecnología Económico Responsabilidad Ambiental	Competitividad Comercio Capacitación	Número de tesis Número de egresados (Lic. M.C., D.C.) Número de publicaciones Transferencias tecnológicas Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico
Procesos	Implementación de una nueva o significativa mejora de un método de producción o de suministro.	Productores independientes Comunidades Agrarias	Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i)				
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible						
Innovación frugal	Hacer más con menos. Idear estrategias de bajo costo para sortear las complejidades institucionales o limitaciones de recursos, conseguir innovar, desarrollar y entregar productos y servicios a los usuarios de bajos ingresos con poco poder adquisitivo						

Crecimiento y alimentación: aspectos para la productividad de Aves Criollas Mexicanas

Arturo, Pro-Martínez^{1*} ; Diego Zárate-Contreras¹ ; Fernando González-Cerón² ; Eliseo Sosa-Montes² ; Sergio I., Mendoza-Pedroza¹ ; Leonardo, Osio-Orihuela^{1*} 

¹ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56264.

² Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230.

* Autor para correspondencia: osio.leonardo@colpos.mx

Problema

En las comunidades rurales de México la avicultura desempeña un papel importante en la seguridad alimentaria y en la economía familiar, al proveer alimentos de alto valor nutricional. De acuerdo con el INEGI el país tiene una población de 9.1 millones de aves distribuidas en sistemas de traspatio. Las aves criollas en el medio rural mexicano, representan el principal recurso para la producción de carne y huevo, pues presentan resistencia a enfermedades, adaptación a distintas regiones del país y menores requerimientos nutricionales. A pesar de su importancia, el conocimiento sobre su explotación es limitado, lo que dificulta la toma de decisiones oportunas respecto a su manejo, impactando negativamente en su desarrollo y productividad. Su alimentación generalmente se basa en maíz, sobras de comida, alimento balanceado y se complementa con otros recursos que obtienen en pequeñas cantidades de su entorno como insectos, semillas y hierbas silvestres, sin embargo, estos no logran cubrir sus requerimientos nutricionales, lo que provoca retraso en su crecimiento, prolongando el tiempo necesario para alcanzar el peso adecuado y atraso en la madurez sexual.

Solución planteada

El estudio de las curvas de crecimiento de aves Criollas Mexicanas permite caracterizar este proceso y estimar el peso a una edad determinada, su importancia radica en considerar el peso como un indicador productivo clave para predecir el rendimiento, por lo tanto, las aves que registren un valor menor al establecido en la curva evidenciarán deficiencias nutricionales o condiciones subóptimas de producción, volviendo esencial el monitoreo constante de este parámetro. Las curvas de crecimiento

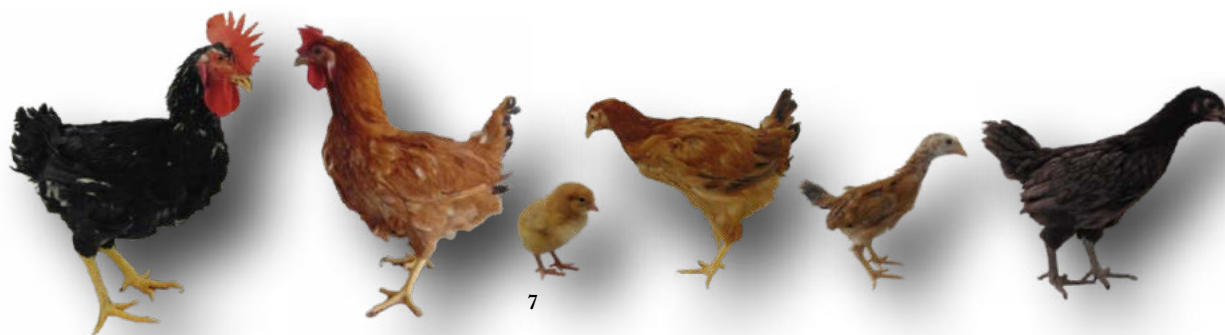
Cómo citar: Pro-Martínez, A., Zárate-Contreras, D., González-Cerón, F., Sosa-Montes, E., Mendoza-Pedroza, S. I., & Osio Orihuela, L. Crecimiento y alimentación: aspectos para la productividad de Aves Criollas Mexicanas. *Agro-Divulgación*, 5(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i6.477>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Marzo 2026.

Agro-Divulgación, 5(6). Noviembre-Diciembre. 2025. pp: 7-10.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



son una herramienta útil al proporcionar valores de referencia, lo cual permite evaluar si el crecimiento es adecuado, lo que brinda mayor tiempo de respuesta para implementar estrategias correctivas en la alimentación, manejo y condiciones ambientales. En las aves Criollas Mexicanas se observan diferencias de pesos entre sexos, siendo ligeramente más pesados los machos que las hembras al nacimiento, las medias son diferentes entre gallos y gallinas a medida que crecen.

Se considera que el periodo de crianza abarca de la semana 0 a la 19. Durante este tiempo, tanto machos como hembras completan el desarrollo crítico de los sistemas esquelético, muscular e inmunológico, por lo que la semana 19 representa una referencia clave para alcanzar la madurez fisiológica necesaria para iniciar con éxito la etapa productiva y reproductiva. En la semana 19, los gallos alcanzan un peso entre los 1.912 a 2.641 g, mientras que el peso de las gallinas oscila entre 1.329 a 1.813 g (Cuadro 1, Figura 1).

Para optimizar el crecimiento es fundamental mejorar la alimentación, mediante el uso de materias primas de mejor calidad y bajo costo propias de las zonas rurales. Se sugiere proporcionar a las aves granos como el maíz y el sorgo como fuentes de energía, así como alfalfa o insectos (larva de mosca soldado o tenebrios) como fuentes de proteína. Se pueden

Cuadro 1. Intervalo de peso vivo de aves Criollas Mexicanas del nacimiento a la semana 19 de edad.

Edad (Semanas)	Peso vivo (g)	
	Macho	Hembra
0	33 - 41	33 - 40
1	47 - 71	46.1 - 64
2	81 - 127	76.3 - 115
3	135 - 210	122.5 - 187
4	209 - 321	186 - 287
5	299 - 456	258 - 401
6	402 - 605	340 - 518
7	508 - 749	419 - 621
8	637 - 925	522 - 748
9	772 - 1,111	622 - 873
10	908 - 1,300	730 - 1,000
11	1,052 - 1,487	826 - 1,120
12	1,197 - 1,683	917 - 1,246
13	1,333 - 1,867	1,000 - 1,341
14	1,468 - 2,046	1,076 - 1,435
15	1,586 - 2,192	1,133 - 1,512
16	1,685 - 2,314	1,185 - 1,582
17	1,780 - 2,447	1,233 - 1,648
18	1,859 - 2,552	1,288 - 1,726
19	1,912 - 2,641	1,329 - 1,813

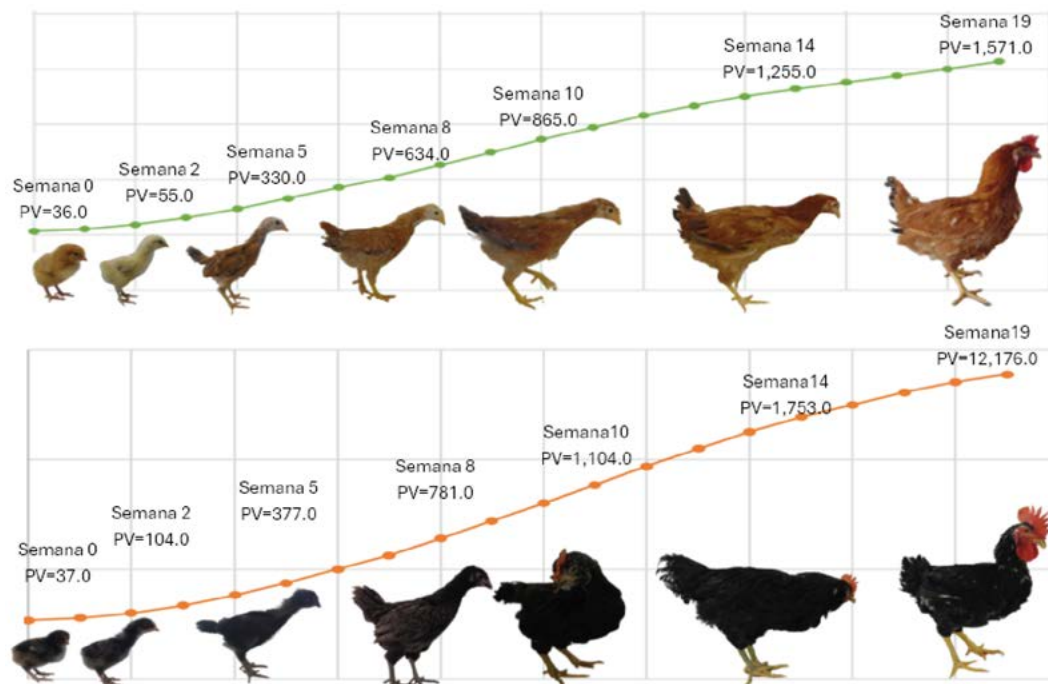


Figura 1. Curvas de crecimiento de gallina criolla mexicana (superior) y gallo criollo mexicano (inferior) del nacimiento a la semana 19 de edad, mostrando los valores de peso vivo (PV), en gramos.

aprovechar restos de comida provenientes de restaurantes y cocinas, residuos de cultivos y subproductos de la agroindustria local como la panadera, tortillera y de mercados, cuya combinación permite cubrir los requerimientos nutricionales de las aves. Adicionalmente se puede complementar la alimentación con el uso de bloques multinutricionales, los cuales aportan minerales, favoreciendo una mejor ganancia de peso y el aprovechamiento de los nutrientes disponibles.






Retribución social

Actualmente el área de Avicultura del Colegio de Postgraduados Campus Montecillos cuenta con una población de aves Criollas Mexicanas destinada a la conservación y aprovechamiento de recursos genéticos avícolas. Las investigaciones son parte de la LGAC-CP: Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería del Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad en Ganadería.

Innovaciones, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos, etc.	Asociaciones de Productores Gobierno de los Estados Productores independientes	Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería	Social Económico Ambiental Conocimiento	Ciencia y Tecnología Económico Educación	Competitividad Recursos Humanos Comercio	Numero de tesis Número de egresados (Lic. M.C., D.C.) Número de publicaciones
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible	Comunidades Agrarias	Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i)		Responsabilidad Ambiental	Generación de empleos Capacitación	Número de familias beneficiadas
Innovación frugal	Hacer más con menos. Idear estrategias de bajo costo para sortear las complejidades institucionales o limitaciones de recursos, conseguir innovar, desarrollar y entregar productos y servicios a los usuarios de bajos ingresos con poco poder adquisitivo						Transferencias tecnológicas

Propuesta de nuevos cultivos a partir de plantas silvestres con potencial alimenticio

José A., López-Sandoval^{1*}; Pablo, Torres-Gutiérrez¹; Santa L., Quintero-Bastida²;
Gaspar, Estrada-Campuzano¹; Aurelio, Nieto-Trujillo³

¹ Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias Agrícolas. Campus Universitario “El Cerrillo”, El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, México. C.P. 50200.

² Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo. Km 36.5, Carretera México-Texcoco. Montecillo, Texcoco, Estado de México. C.P. 56264.

³ Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias. Campus Universitario “El Cerrillo”, El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, México. C.P. 50200

* Autor para correspondencia: jalopezsa@uaemex.mx

Problema

En la actualidad, la inseguridad alimentaria y la malnutrición afectan a una gran parte de la población mundial. En México, se reportan de 5,000 a 7,000 plantas útiles y su aprovechamiento ocurre principalmente *in situ*, aunque también se recolectan para su cultivo en huertos familiares con fines medicinales, forrajeros, alimenticios, ornamentales, culturales o artesanales (como la cestería). El aprovechamiento multifuncional de la flora silvestre forma parte integral de las estrategias de las comunidades campesinas que contribuyen a la seguridad alimentaria y a la diversificación de la dieta local. El cultivo de plantas silvestres comestibles no solo amplía las alternativas de alimentación en México, sino que también enriquece la tradición culinaria con nuevos sabores y colores, y mejora la nutrición de la población. Para lo cual es necesario diversificar los cultivos mediante el uso y preservación de plantas silvestres nativas con potencial alimentario.

Solución Planteada

En la agricultura convencional, muchas plantas silvestres comestibles, suelen considerarse malezas (viarias, arvenses o ruderales), y son eliminadas por competir con los cultivos de importancia económica. Sin embargo, desde una perspectiva agroecológica, estas especies representan un recurso valioso por sus múltiples beneficios: control de la erosión, conservación de insectos benéficos, fuente de forraje y medicamento, además de su importante aporte nutricional. Aunque algunas de estas especies cuentan con estudios preliminares sobre sus propiedades alimenticias, aún existen vacíos sobre sus características ecológicas, agronómicas, nutraceuticas y de uso alimentario, necesarios para determinar su viabilidad productiva. El presente estudio constituye un primer acercamiento orientado al conocimiento de características poco estudiadas de estas especies, mediante la caracte-

Cómo citar: López-Sandoval, J. A., Torres-Gutiérrez, P., Quintero-Bastida, S. L., Estrada-Campuzano, G., & Nieto-Trujillo, A. Propuesta de nuevos cultivos a partir de plantas silvestres con potencial alimenticio. *Agro-Divulgación*, 5(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i6.494>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iniguez.

Publicado en línea: Marzo 2026.

Agro-Divulgación, 5(6). Noviembre-Diciembre. 2025. pp: 11-16.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



rización de catorce especies de la flora nativa e introducida de México con potencial alimenticio. Esta caracterización incluye tanto especies previamente estudiadas como otras de consumo local cuyos usos alimenticios han sido escasamente documentados. Para lo cual en cada especie se describen: 1) características morfológicas, 2) origen y distribución geográfica, 3) órganos de interés alimenticio y 4) potencial de aprovechamiento.

***Jaltomata procumbens* (Cav.) J. L. Gentry**, conocida comúnmente como jaltomate, es una planta herbácea de hábito de crecimiento erecto, que presenta hojas simples, tallo caulinar anguloso y flores de color blanco verdoso cuyo fruto es una baya de color púrpura o negra en su madurez (Figura 1a). Esta especie es originaria del continente americano, con un rango de distribución que abarca del suroeste de Estados Unidos hasta Panamá y los Andes de Sudamérica. En México, donde se encuentra ampliamente distribuida, crece como arvense y ocasionalmente ruderal. Desde el punto de vista alimenticio el jaltomate tiene dos órganos de interés: sus hojas se consumen como quelite en diversas preparaciones tradicionales, y sus frutos, que se consumen frescos o se incorporan a preparaciones culinarias como salsas.

***Rumex mexicanus* Meisn**, en algunos lugares de México se conoce como vinagrera, es una planta herbácea perenne de porte erecto, caracterizada por sus hojas simples dispuestas en roseta basal (Figura 1b) y densas inflorescencias terminales. Originaria de Norteamérica, su distribución se extiende desde Estados Unidos hasta Guatemala. En México crece principalmente en zonas templadas con humedad y áreas perturbadas, su valor culinario radica principalmente en sus hojas tiernas las cuales tienen un sabor ácido que se atribuye a la presencia de cristales de oxalato de calcio, esta característica las hace ideales como condimento. Las hojas pueden consumirse tanto crudas como cocidas, incorporándose a diversos platillos como ensaladas, sopas y guisos. No obstante, su consumo debe ser moderado debido al contenido de oxalatos, compuestos que en exceso pueden resultar perjudiciales para la salud. Además de sus hojas las semillas de la vinagrera representan otro recurso alimenticio valioso. Tras ser molidas y trituradas, se mezclan con harinas de trigo para la elaboración de pan, o bien se consumen tostadas como snack.

***Physalis patula* Mill**, mejor conocido como tomatillo, es una hierba anual de porte erecto y tallos ramificados que desarrolla flores axilares de color blanco y frutos (bayas) envueltos por un cáliz persistente (Figura 1c). Esta especie es nativa de México y con una amplia distribución en el territorio nacional, donde crece como ruderal en zonas perturbadas y a veces como arvense en áreas cultivadas. Los frutos del tomatillo destacan por su importancia en la gastronomía tradicional mexicana ya que es un ingrediente clave en la preparación de salsas verdes y diversos platillos. Desde el punto de vista nutricional y funcional, estas bayas contienen compuestos bioactivos de especial interés: witaesteroides (esteroides de origen terpénico) con potenciales propiedades quimiopreventivas contra el cáncer, así como una considerable concentración de polifenoles y otros antioxidantes que contribuyen favorablemente a la salud.

***Taraxacum officinale* F.H. Wigg**, el diente de león es una planta herbácea perenne, con hojas simples dentadas dispuestas en roseta basal e inflorescencias amarillas en forma de capítulo (Figura 1d). El diente de león es una planta introducida desde Euroasia y de

amplia distribución en regiones templadas de México. *Taraxacum officinale* ha sido valorado en las sociedades tradicionales como una importante fuente de alimento. Sus órganos de interés son las hojas, la raíz y la inflorescencia. Las hojas de esta especie, se utilizan con frecuencia como ingrediente en ensaladas, mientras que sus raíces pivotantes y sus inflorescencias son empleadas en la preparación de jarabe, café, cerveza y vino. En diente de león no se debe olvidar su uso como digestivo en la herbolaria medicinal.

***Matelea nummularia* (Decne.) Woodson**, conocida como talayote, es una planta herbácea de hábito postrado que se caracteriza por la presencia de látex, hojas simples, y fruto en forma de folículo fusiforme (Figura 1e). Esta especie es nativa de México, donde crece principalmente en zonas de pastizal con distribución reportada en los estados de Jalisco, Durango, Michoacán y México. En la localidad del Cerrillo, Piedras Blancas (Toluca, Estado de México), los frutos de talayote son recolectados por los habitantes locales para su consumo en fresco, ya que son apreciados por su sabor dulce y textura cremosa.

***Oxalis corniculata* L.**, conocida comúnmente como jocoyol, es una planta herbácea rizomatosa que puede comportarse como anual o perenne, caracterizada por sus hojas compuestas de tres folíolos (Figura 1f), pequeñas flores amarillas y frutos en forma de cápsula. Aunque es originaria de Europa, esta especie muestra una distribución cosmopolita con amplia distribución en México, el resto del continente americano, África y Asia. En estos territorios crece como arvense y ruderal. Las hojas del jocoyol son comestibles y presentan un característico sabor ácido, atribuible a su contenido oxalatos de potasio. Además de su uso alimentario, *O. corniculata* tiene un uso importante en la medicina tradicional donde se emplea para diversos fines terapéuticos.

***Polygonum aviculare* L.**, conocida comúnmente como sanguinaria, es una hierba anual de porte extendido a ascendente, caracterizada por sus hojas simples y pequeñas inflorescencias de color rosa agrupadas en fascículos (Figura 1g). Originaria de Euroasia, esta especie muestra una amplia distribución en México y se encuentra naturalizada en el norte del continente americano y Sudamérica. Los brotes tiernos de la planta, incluyendo la raíz, tallo y hojas, son recolectados en algunas regiones del Estado de México para su consumo como quelite. Además de su uso alimentario, la sanguinaria tiene un importante uso en la medicina tradicional debido a sus propiedades para la salud digestiva debido a su contenido de taninos, acción astringente y propiedades diuréticas que ayudan a la resolución de molestias urinarias.

***Anoda cristata* (L.) Schldl.**, comúnmente conocida como malva o violeta, es una especie herbácea o subarborescente de porte erecto caracterizada morfológicamente por presentar hojas simples y flores axilares de color violeta. Esta malvácea es originaria de la región mesoamericana, con distribución desde el suroeste de Estados Unidos (Arizona) hasta Sudamérica y el Caribe, es particularmente abundante en el territorio mexicano. El principal órgano de interés alimentario de *A. cristata* son las hojas, aunque también se utilizan la raíz, el tallo y las hojas tiernas, las cuales se consumen como quelite en diversas preparaciones culinarias. Además de su uso alimentario, esta especie tiene aplicaciones medicinales, particularmente en el tratamiento de afecciones respiratorias. Así mismo esta planta tiene valor ornamental debido a sus vistosas flores y se emplea como forraje para la alimentación animal.

***Eruca sativa* Mill.**, conocida como mostacilla, es una especie herbácea de ciclo anual o bianual que presenta hojas simples, y una inflorescencia en racimo con flores blancas o con coloración rosa (Figura 1h), cuyos frutos son silicuas. Esta especie es originaria de la región del Mediterráneo Occidental, aunque actualmente tiene una amplia distribución en el continente americano y es especialmente abundante en la región central de México. Desde el punto de vista de su aprovechamiento, los órganos de interés principal son las hojas y las inflorescencias, las cuales se consumen en diversos platillos de la cocina tradicional mexicana. Además de su uso alimentario *E. sativa* tiene aplicaciones como forraje y en la medicina tradicional. Cabe destacar que en Europa y Estados Unidos de Norteamérica existen variedades domesticadas de esta especie que se cultivan para la obtención del ácido erúxico, compuesto que se emplea en procesos industriales particularmente en la fabricación de películas de polietileno.

***Porophyllum coloratum* (Kunth) DC.**, conocida comúnmente como pipicha, es una planta perenne con base leñosa y tallos ramificados desde cerca de la base. Presenta hojas compuestas de disposición opuesta a alterna, sésiles y con inflorescencia en capítulos de involucro subcilíndrico con tonalidades verde-purpúreas. Esta especie es endémica de México y se distribuye ampliamente en el territorio nacional. El principal órgano de interés culinario son las hojas, las cuales se consumen frescas y se caracterizan por su intenso sabor y aroma, con notas ligeramente picantes, similar al del cilantro. Se emplea como condimento, así como en preparaciones tradicionales. Desde el punto de vista fitoquímico el sabor característico de *P. coloratum* se atribuye a la presencia de compuestos volátiles y aceites esenciales.

***Phytolacca icosandra* L.**, comúnmente conocida como jaboncillo, es una hierba perenne de porte robusto y características suculentas. Presenta tallos ramificados, hojas simples y numerosas inflorescencias en racimos tanto axilares como terminales. Sus frutos son bayas de color púrpura que contienen semillas negras (Figura 1i). Esta planta es originaria de México y las Antillas, con una amplia distribución se extiende hasta Sudamérica. Su hábitat característico son las zonas perturbadas donde muestra una gran capacidad de adaptación. En cuanto a su uso alimentario, las hojas tiernas se consumen como quelite en múltiples platillos, además tiene aplicaciones medicinales y los frutos maduros se usan como detergente para lavar ropa y utensilios domésticos debido a sus propiedades saponíferas.

***Medicago polymorpha* L.**, se conoce comúnmente como carretilla, es una especie herbácea de hábito de crecimiento rastrero a ascendente (Figura 1j). Presenta hojas compuestas trifoliadas, inflorescencias en racimos con flores amarillas y frutos en forma de legumbre enroscada. Originaria del Viejo Mundo, esta especie tiene una amplia distribución en México, donde se encuentra frecuentemente como ruderal, arvense y viaria. Los brotes tiernos y hojas de *M. polymorpha* son comestibles y se emplean como forraje, principalmente en etapas previas a fructificación, así como abono verde y en aplicaciones medicinales.

***Solanum stoloniferum* Schtdl.**, comúnmente conocida como papa cimarrona, es una especie herbácea de porte erecto o decumbente, con tallo simple y muy ramificado, rizomatoso y con tubérculos subterráneos. Presenta hojas compuestas de disposición alterna

e inflorescencias con flores de coloración púrpura. Esta especie es nativa del sur de Estados Unidos y México, y tiene una amplia distribución en varios estados de la República Mexicana. Además, *S. stoloniferum* produce tubérculos comestibles.

***Stellaria media* (L.)**, conocida comúnmente como venaditos, es una hierba anual con hojas simples de disposición opuesta, inflorescencias en cimas terminales con flores blancas (Figura 1k), y frutos en forma de cápsula ovoide. Originaria de Euroasia, esta especie se ha naturalizado en el continente americano y otras regiones templadas del mundo, donde crece como ruderal y arvense. La planta en su totalidad se consume como quelite, ya sea cruda en ensaladas o hervida. Tradicionalmente se ha usado como expectorante debido a su contenido de saponinas. Estudios fitoquímicos han demostrado que sus metabolitos secundarios presentan propiedades farmacológicas, entre las que destacan efectos antiobesidad, antifúngicos, antibacterianos, antioxidantes, antiinflamatorios, analgésicos, antidiabéticos y ansiolíticos.

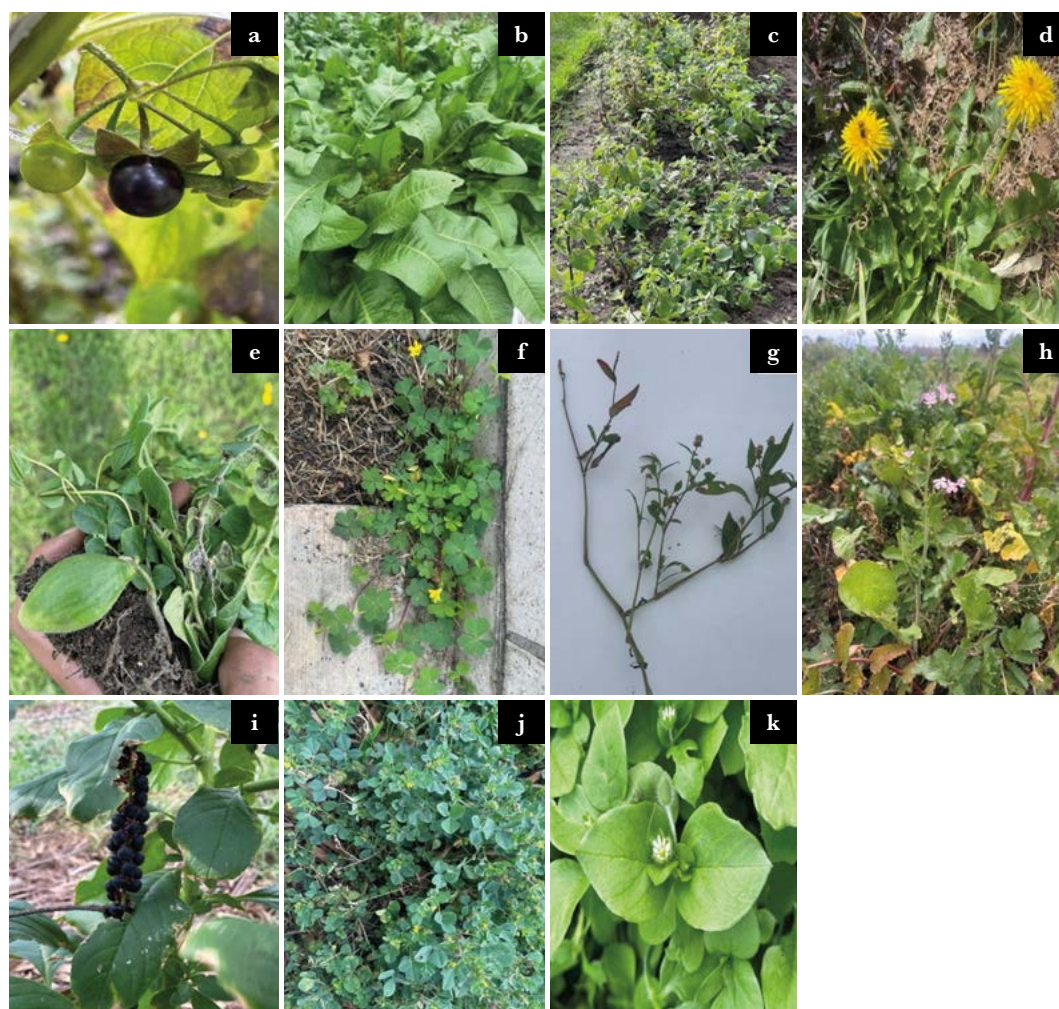


Figura 1. Plantas silvestres con potencial alimenticio, a) *Jaltomata procumbens* con frutos; b) *Rumex mexicanus* en etapa vegetativa; c) *Physalis patula* en cultivo; d) *Taraxacum officinale* con inflorescencia; e) *Matelea nummularia* con fruto; f) *Oxalis corniculata* con flores; g) *Polygonum aviculare* con inflorescencia; h) *Eruca sativa* con inflorescencia; i) *Phytolacca icosandra* con racimos de bayas; j) *Medicago polymorpha* con flores; k) *Stellaria media* en floración.

Innovación, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos, etc.	Asociaciones de Productores Comunidades Agrarias Poblaciones en particular	Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i)	Social Económico Ambiental Conocimiento	Ciencia y Tecnología Económico Educación Responsabilidad Ambiental	Competitividad Comercio Generación de empleos Capacitación	Número de egresados (Lic. M.C., D.C.) Número de publicaciones Número de familias beneficiadas Empresas rurales formadas Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible						
Innovación frugal	Hacer más con menos. Idear estrategias de bajo costo para sortear las complejidades institucionales o limitaciones de recursos, conseguir innovar, desarrollar y entregar productos y servicios a los usuarios de bajos ingresos con poco poder adquisitivo						

Fermentación aeróbica y secado de cladodios de nopal (*Opuntia ficus-indica* L.)

Guerrero-Cardona, Marco A.¹; Santos-Sustaita, Dulce M.²; López-Martínez, Laura A.²; León-Morales, Janet M.²; Loera-Alvarado, Gerardo^{1*}

¹ Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí, Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, C.P. 78600. México.

² Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Coordinación Académica Región Altiplano Oeste Carretera Salinas-Santo Domingo # 200, C.P. 78600. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México.

* Autor de correspondencia: *gerardo.loera@colpos.mx

Problema

En México, el nopal (*Opuntia* spp.) se cultiva para la producción de forraje, tuna (fruto) y nopal verdura (hortaliza o nopalito), este último, constituye el mayor valor y volumen de producción (Figura 1). A pesar de contar con cualidades nutricionales, como su alto contenido de fibra, los nopalitos poseen un bajo contenido de proteína (<4.0%), lo que ha dado lugar al desarrollo de procesos que puedan modificar su composición. La fermentación semisólida se ha utilizado para incrementar el valor proteico de nopal, actualmente este producto únicamente es destinado al consumo animal, sin embargo, el producto de esta tecnología contiene un alto porcentaje de humedad, lo que dificulta su almacenamiento y conservación, por lo que la reducción del contenido de humedad podría ser una alternativa viable para su conservación.

Cómo citar: Guerrero Cardona, M. A., Santos Sustaita, D. M., López Martínez, L. A., León Morales, J. M., & Loera-Alvarado, G. Fermentación aeróbica y secado de cladodios de nopal (*Opuntia* sp). *Agro-Divulgación*, 5(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i6.537>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Marzo 2026.

Agro-Divulgación, 5(6). Noviembre-Diciembre. 2025. pp: 17-20.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International

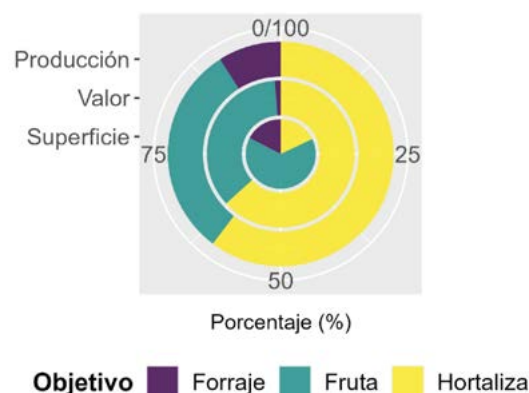


Figura 1. Porcentaje de participación del cultivo de nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) en México de acuerdo con el objetivo del cultivo. Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP (2025).



Solución planteada

Se determinó el cambio en la composición bromatológica de nopalitos (*Opuntia ficus-indica* L.) generado por la fermentación aeróbica con levadura comercial (*Saccharomyces cerevisiae*) y se generó la curva de secado con fines de conservación. Se recolectaron cladodios de nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) con una longitud aproximada de 11 cm, los cuales fueron cultivados en condiciones de invernadero en la Coordinación Académica Región Altiplano Oeste de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (Figura 2). Los cladodios fueron separados en tres grupos (repeticiones), los nopalitos de cada grupo fueron desespinaados de forma manual, con la ayuda de un cuchillo, fueron limpiados y desinfectados con 500 mL de una solución de hipoclorito de sodio al 1%. Para obtener la muestra líquida, fue necesario cortar con un cuchillo los cladodios en trozos pequeños; posteriormente, fueron triturados y homogeneizados con un triturador mecánico.

Los cladodios de nopal triturados fueron sometidos a fermentación con levadura comercial (*Saccharomyces cerevisiae*) al 1%, activada previamente, para ello, 6.2 g de levadura y 7.2 g de azúcar fueron disueltos en 200 mL de agua destilada. El proceso de fermentación fue realizado durante 6 h a 25 °C con intervalos de agitación (a 200 rpm) y reposo de 30 min (3). Se determinó el contenido de humedad, proteína cruda, carbohidratos, grasa y cenizas, antes y después de la fermentación, y se construyó la curva de secado de los cladodios fomentados. Se encontró un incremento en el contenido proteico en más de un 15.0% y un 3.0% en el contenido de cenizas, en contraste se disminuyó la humedad (un 5%) y el pH a 5.59, sin observar cambios significativos en el contenido de carbohidratos y grasa (Figura 3).

Durante las primeras 50 horas, la pérdida de humedad tuvo un comportamiento lineal (velocidad constante) con una pérdida aproximada de 4.59 g de agua por hora. La velocidad de secado disminuyó a partir de las 100 horas de secado, perdiendo más del 75% del peso inicial, alcanzando el peso constante a las 219 horas (Figura 4), este proceso de secado, relativamente lento, se debe a que se mantuvo una temperatura baja (38 °C) con el fin de evitar la degradación de biomoléculas.



Figura 2. Cultivo de nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) en la Coordinación Académica Región Altiplano Oeste.

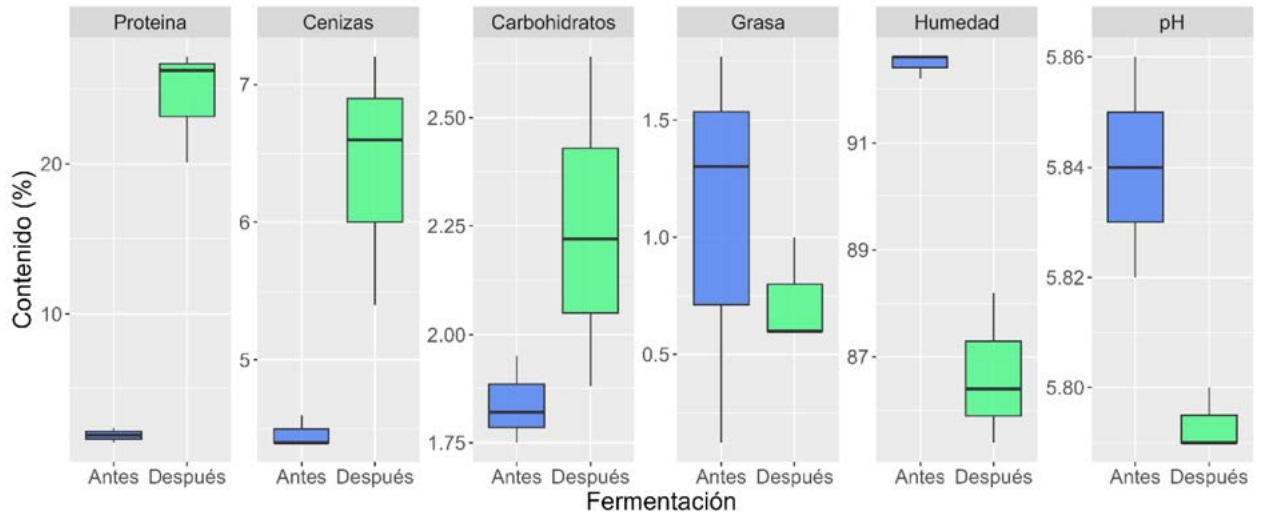


Figura 3. Cambio en la composición (base seca) de cladodios de nopal sometidos a fermentación aeróbica.

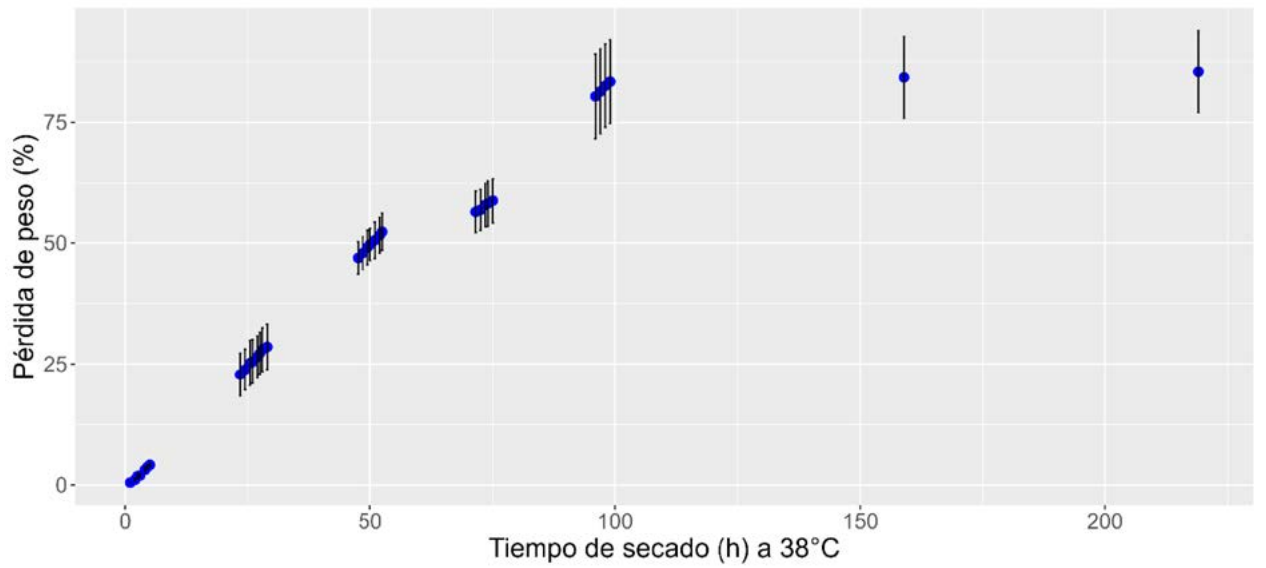


Figura 4. Curva de secado de cladodios de nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) sometidos a fermentación aeróbica.

Innovación, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos, etc.	Asociaciones de Productores Gobierno de los Estados Productores independientes	Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería	Social Económico Ambiental Conocimiento	Ciencia y Tecnología Económico Educación	Competitividad Capacitación	Número de tesis Número de egresados (Lic. M.C., D.C.) Número de publicaciones
Procesos	Implementación de una nueva o significativa mejora de un método de producción o de suministro.	Comunidades Agrarias	Secundario: Actividades económicas que transforman las materias primas en productos elaborados (Agroindustria)		Responsabilidad Ambiental		Transferencias tecnológicas Aplicación de técnicas y conocimientos para el desarrollo social y económico
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible		Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i)				
Innovación frugal	Hacer más con menos. Idear estrategias de bajo costo para sortear las complejidades institucionales o limitaciones de recursos, conseguir innovar, desarrollar y entregar productos y servicios a los usuarios de bajos ingresos con poco poder adquisitivo						

Una mirada al sistema productivo y comercial de orquídeas en México

Téllez-Casas, Jesús Manuel; Ríos-Barreto, Yasbet^{ID}; Vázquez-Moisen, Antonio; Tejada-Sartorius, Olga*^{ID}

Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad-Fructicultura, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, C.P. 56264, Estado de México, México.

* Autor para correspondencia: olgats@colpos.mx

Cómo citar: Téllez-Casas, J. M., Ríos-Barreto, Y., Vázquez-Moisen, A., & Tejada-Sartorius, O. Una mirada al sistema productivo y comercial de orquídeas en México. *Agro-Divulgación*, 5(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i6.539>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Marzo 2026.

Agro-Divulgación, 5(6). Noviembre-Diciembre. 2025. pp: 21-27.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International

Problema

Las orquídeas constituyen uno de los grupos de plantas ornamentales más apreciados a nivel mundial por su diversidad morfológica, valor estético y demanda comercial. En México, país reconocido por su alta riqueza de especies nativas, su cultivo y comercialización han cobrado relevancia tanto en el ámbito ornamental como en el económico. Sin embargo, la producción nacional enfrenta múltiples desafíos, entre ellos la dependencia de material vegetal importado, la limitada tecnificación de los viveros, la falta de capacitación en propagación y manejo fitosanitario, así como una baja incorporación de especies mexicanas al mercado. La valoración de estos aspectos es fundamental para fortalecer la sostenibilidad del sistema productivo-comercial, mejorar la competitividad del mercado orquídeófilo en México, y paralelamente, promover la conservación de las especies nativas.

Solución planteada

Con el propósito de explorar la dinámica y problemáticas del sistema productivo-comercial de orquídeas en México, se aplicó una encuesta semiestructurada a productores y comercializadores, durante el Festival Internacional de la Orquídea (FIO), realizada en Coatepec, Veracruz, en abril 2025. El instrumento incluyó 17 preguntas cerradas y abiertas, relacionadas con procedencia del material vegetal, nivel de tecnificación, volumen de producción, rentabilidad, especies manejadas y disposición hacia la incorporación de orquídeas mexicanas. La información recopilada permitió identificar tendencias sobre el origen del material, el grado de tecnificación de los viveros, la rentabilidad percibida y



las preferencias estéticas del mercado. Asimismo, se indagó el nivel de conocimiento y disposición de los participantes para incluir especies nativas bajo esquemas de manejo legal y sustentable. Este diagnóstico constituye un punto de partida para ampliar la comprensión de la operatividad y funcionalidad del sector productivo ornamental de orquídeas en México, información que es muy escasa.

Procedencia geográfica y perfil productivo de los participantes

El FIO tuvo participación de ocho estados de la República Mexicana, y contó con la participación de Guatemala, pero la mayoría de los encuestados provino de Veracruz (47.06 %). Chiapas representó el 11.76%, mientras que otros estados y Guatemala representaron el 5.88% de participación (Figura 1A). Esta diversidad geográfica en el FIO evidencia un interés amplio, tanto nacional como internacional de dar a conocer sus productos de orquídeas, aunque con un claro predominio de productores y comercializadores veracruzanos en este festival de orquídeas, celebrado en su estado. Lo anterior refleja la importancia de realizar eventos locales en regiones con tradición y riqueza de orquídeas. El 39% de los encuestados se dedican exclusivamente a la producción, y otro 39% combinan la producción y comercialización, lo que refleja una integración directa en la cadena de valor. Mientras que el 22% se dedica solo a la comercialización. La menor proporción de comercializadores exclusivos indica una actividad principalmente productiva, sostenida por pequeños viveristas que aprovecha espacios de exhibición y venta directa como FIO y otras ferias de orquídeas (Figura 1B).

Diversidad de especies y origen del material vegetal

Los entrevistados producen y/o comercializan géneros e híbridos de orquídeas, de origen tanto asiático como mexicanas, y esta mezcla de materiales representa un 41%, según la encuesta. Las especies exóticas representan 35.29%, principalmente del sudeste asiático, como *Phalaenopsis*, *Dendrobium* y *Vanda*. Las especies nativas mexicanas representan el 17.65%, destacando géneros como *Laelia*, *Stanhopea*, *Prosthechea* y *Epidendrum*, con alto

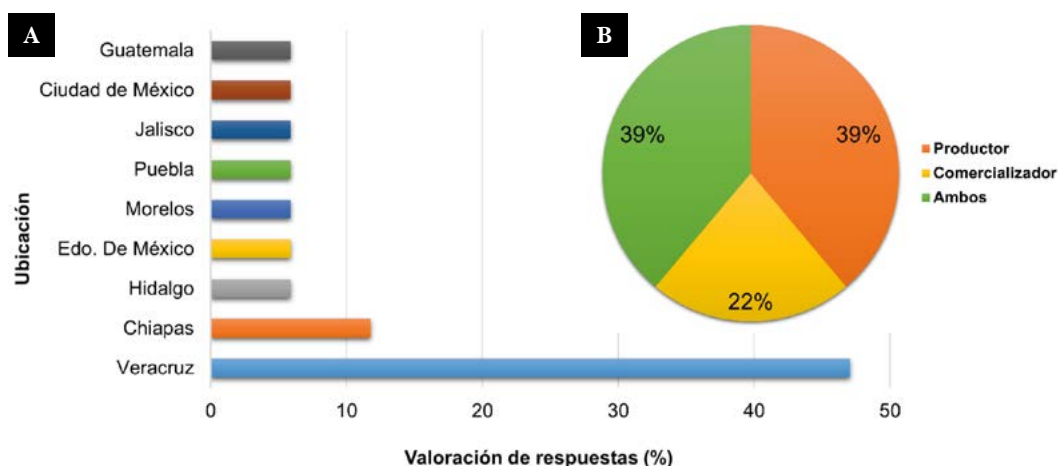


Figura 1. Procedencia estatal e internacional de los participantes en la encuesta (A); Distribución porcentual de productores y comercializadores de orquídeas (B), $n=17$.

atractivo ornamental y valor ecológico. Por último, un 5.88% se dedica a la propagación de especies protegidas bajo la NOM-059, con fines de conservación. Este patrón sugiere que el comercio de orquídeas en México mantiene una fuerte orientación hacia especies exóticas e híbridos, aunque se reconoce una introducción emergente de orquídeas nativas, que incluso pueden estar bajo protección legal (Figura 2A). El 64.71% de los encuestados no especificó la procedencia del material vegetal que utiliza (Figura 2B). Entre quienes sí respondieron, el 17.65% reportó importar material, el 11.76% emplea fuentes mixtas (nacional e importada) y solo el 5.88% usa material nacional. Estos datos reflejan una dependencia considerable de material exótico, proveniente de otros países, y al mismo tiempo, la necesidad de fortalecer la propagación local para garantizar la sustentabilidad en la producción (Figura 2B).

Nivel de tecnificación, escala productiva y rentabilidad

El 35.29% de los entrevistados respondió tener un nivel de tecnificación medio de sus sistemas de producción de orquídeas, seguido de un 29.41% que dijo tener un nivel alto de tecnificación (Figura 3A). Esto indica que la mayoría de los productores emplea estructuras convencionales, como invernaderos o viveros con manejo manual parcial, mientras que un grupo menor utiliza instalaciones automatizadas y laboratorios de cultivo de tejidos. El 11.76% trabaja con tecnologías básicas, y el 23.53% no especificó su nivel. Los datos reflejan un sector en transición hacia una mayor tecnificación, con coexistencia de métodos tradicionales y modernos (Figura 3A). El 76.47% de los encuestados no proporcionó información sobre su volumen de producción, lo que dificulta caracterizar la escala real de los viveros o invernaderos participantes. Entre quienes sí respondieron, el 11.76% declaró una producción alta (más de 5,000 plantas anuales) y otro 11.76% una producción media (entre 2,000 y 5,000 plantas). No se registraron casos de baja producción, según la escala utilizada. Estos resultados sugieren la presencia de unidades productivas relativamente consolidadas, aunque la falta de datos cuantitativos limita el análisis del potencial productivo del sector (Figura 3B).

Más de la mitad de los encuestados (58.82%) considera que sus ventas son medianamente rentables, mientras que el 41.18% las califica como altamente rentables. Este patrón sugiere que la comercialización de orquídeas es percibida como una actividad económicamente viable, aunque con márgenes variables según el nivel de tecnificación,

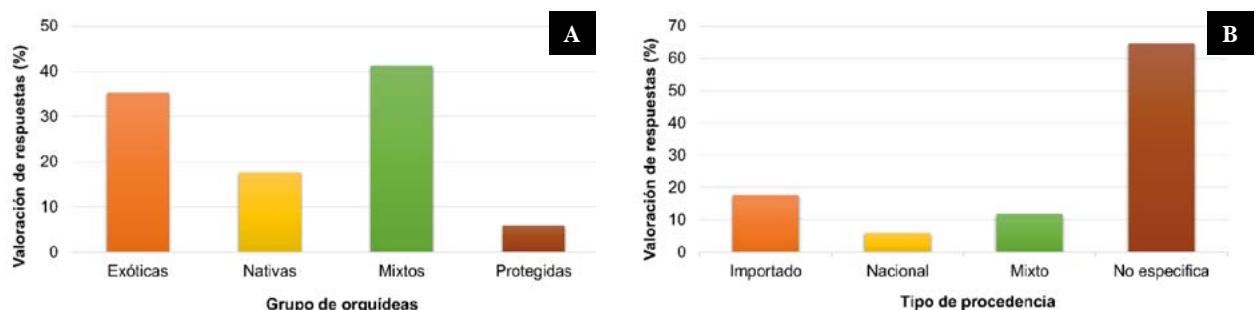


Figura 2. Tipos de orquídeas producidas o comercializadas (A); Procedencia del material vegetal utilizado por productores y comercializadores de orquídeas (B), $n=17$.

la escala de producción y el acceso a mercados especializados. La rentabilidad declarada refleja estabilidad en el sector y potencial de crecimiento (Figura 3C). La gran mayoría de los encuestados (94.12%) comercializa orquídeas en maceta, mientras que solo el 5.88% ofrece productos con valor agregado, como joyería inspirada en orquídeas, actividad alternativa que ha ido en aumento en distintas ferias, expos, etc. Si bien, la presentación en maceta continúa siendo el formato dominante en la venta de orquídeas, por su valor hortícola y ornamental (Figura 3D). Es interesante el valor agregado que los empresarios buscan dar a sus orquídeas, para aumentar su rentabilidad, o bien, para amortiguar pérdidas por posibles riesgos de producción o disminución de sus materiales vivos, o incluso, como alternativa en los periodos en que no hay floración.

Factores determinantes en la aceptación y preferencia de las orquídeas

Los encuestados señalaron que la estética de las orquídeas (41.18%) es el atributo más relevante, destacando el color, tamaño, forma y número de flores como factores determinantes para la aceptación comercial. En segundo lugar se ubicó la calidad fitosanitaria (23.53%), asociada a la resistencia, ausencia de plagas y vigor de las plantas. Otros aspectos mencionados fueron la adaptación al entorno local (11.76%), la fase de desarrollo, el valor agregado, la sustentabilidad de la producción y los servicios asociados, como asesorías o cursos de cultivo para escalar a otros niveles de producción o conocimiento de otras especies, cada uno de ellos con un porcentaje de opinión del 5.88%. Finalmente, un 5.88% valoró la combinación de estética y sanidad. En conjunto, los resultados muestran que, aunque el componente ornamental es, y probablemente seguirá siendo

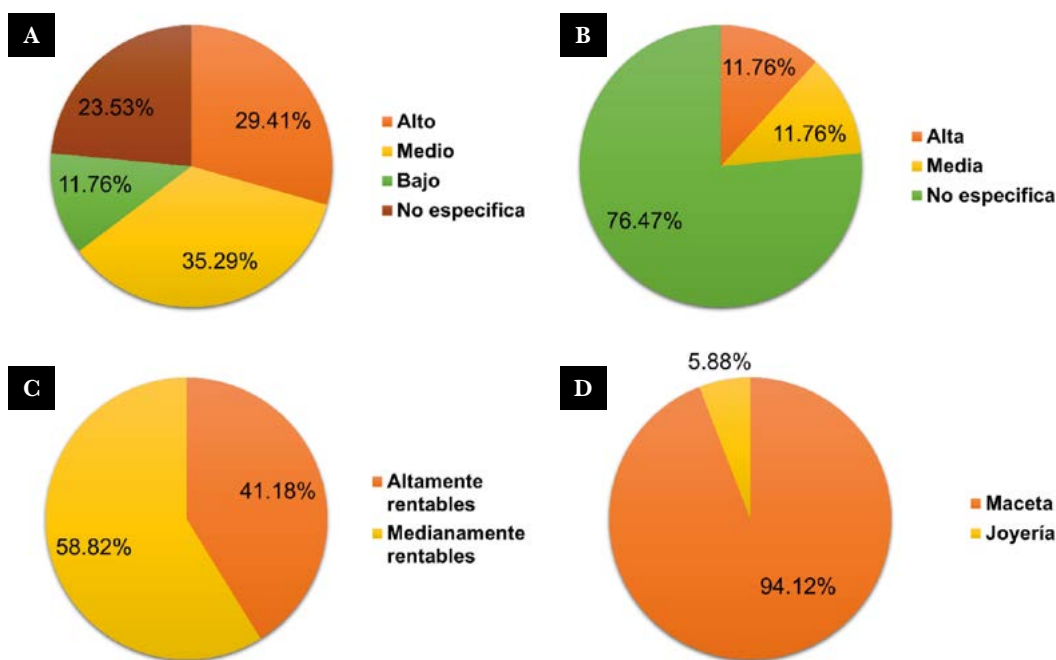


Figura 3. Nivel de tecnificación en los sistemas de producción de orquídeas (A); Volumen de producción anual reportado por productores y comercializadores de orquídeas (B); Nivel de rentabilidad económica en las ventas de orquídeas (C); Presentación de venta de orquídeas reportadas por los encuestados (D), $n=17$.

el dominante, existe un creciente interés por otros atributos florícolas, la diferenciación ecológica y los servicios complementarios ofrecidos al consumidor (Figura 4).

Interés comercial y criterios de preferencia hacia las orquídeas mexicanas

La mayoría de los encuestados (82.35%) no respondió sobre su disposición a incluir orquídeas mexicanas en su oferta comercial. Solo el 5.88% manifestó trabajar o estar dispuesto a incorporarlas, principalmente mediante propagación *in vitro*, mientras que el 11.76% indicó no tener interés, priorizando especies exóticas más comerciales. Esta tendencia sugiere que, aunque existe potencial para diversificar el mercado con especies mexicanas, su adopción requiere estrategias de promoción, capacitación y valoración de su valor ornamental, hortícola, ecológico y cultural (Figura 5A). La mayoría de los encuestados (76.47%) no especificó las características que preferirían tener de las orquídeas mexicanas, mientras que el 17.65% destacó aspectos estéticos como el color, la forma, la textura y el tamaño de la flor, atributos directamente relacionados con el atractivo ornamental. Solo un 5.88% señaló la presentación como elemento diferenciador, haciendo referencia al uso de macetas ecológicas o diseños llamativos. Aunque las respuestas fueron limitadas, se confirma que la percepción visual sigue siendo el principal criterio de preferencia, lo cual coincide con la orientación comercial del mercado hacia especies de alto valor decorativo (Figura 5B).

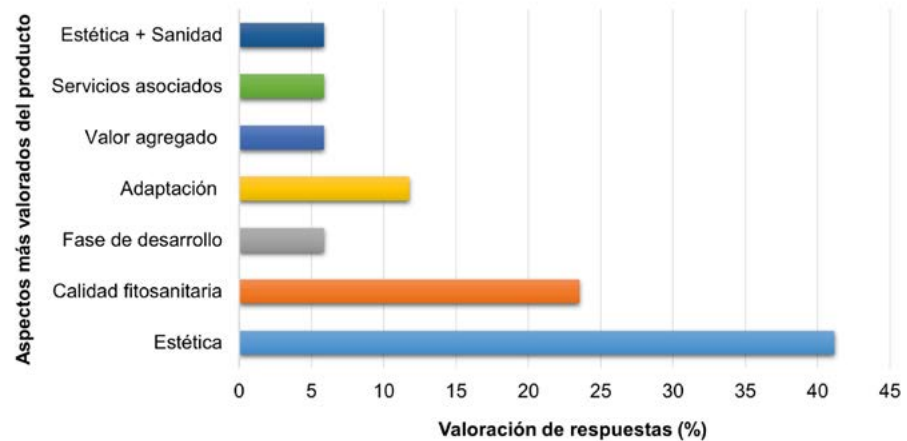


Figura 4. Aspectos más valorados de las orquídeas por productores y comercializadores, $n=17$.

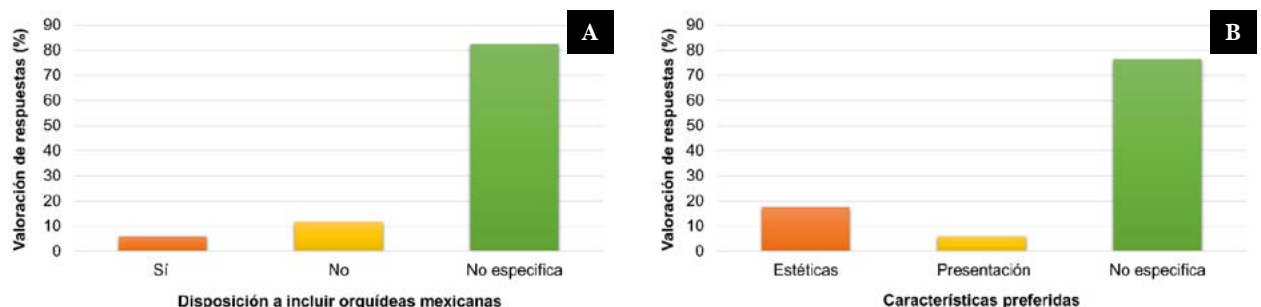


Figura 5. Disposición de productores y comercializadores a incluir orquídeas mexicanas en sus ventas (A); Características preferidas para incorporar orquídeas mexicanas (B), $n=17$.

Interés en la capacitación y producción de orquídeas mexicanas

La mayoría de los encuestados (64.7%) expresó interés en recibir información sobre orquídeas mexicanas, mientras que el 35.3% indicó no estar interesado. Las razones mencionadas para el desinterés incluyen limitaciones de espacio en los viveros o la percepción de que el manejo de especies nacionales implica requisitos legales especiales. El alto porcentaje de respuestas afirmativas evidencia una disposición favorable hacia la capacitación y la divulgación técnica, lo que representa una oportunidad para fortalecer el conocimiento sobre la diversidad nativa de orquídeas, y fomentar su inclusión en la producción ornamental (Figura 6A).

El 52.9% de los encuestados manifestó interés en producir orquídeas mexicanas, mientras que el 47.1% indicó no tener esa intención. Entre quienes respondieron afirmativamente, varios ya trabajan con géneros nacionales como *Laelia*, *Encyclia*, *Prosthechea* y *Stanhopea*, o expresaron disposición a hacerlo bajo asesoría técnica o dentro de Unidades de Manejo Ambiental (UMA). En contraste, quienes respondieron negativamente señalaron principalmente la complejidad de los trámites legales y la regulación ambiental como factores limitantes. Estos resultados evidencian un interés potencial en fortalecer la producción de especies nativas, condicionado por la necesidad de acompañamiento técnico y simplificación normativa.

La producción y comercialización de orquídeas en México reflejan un sector dinámico, diverso y en proceso de consolidación. Los resultados obtenidos muestran que la mayoría de los productores combina la producción con la venta directa, utilizando principalmente especies exóticas e híbridas, mientras que la introducción de orquídeas nativas, aunque menor, comienza a cobrar relevancia entre los actores del mercado. Aun así, persiste una fuerte dependencia del material importado y una limitada tecnificación, factores que restringen el crecimiento sostenido y la competitividad. Los participantes manifestaron interés en ampliar sus conocimientos sobre especies mexicanas y en incorporarlas a su producción, aunque señalaron que los trámites legales y la falta de capacitación técnica continúan siendo los principales obstáculos. Este escenario evidencia la necesidad de fortalecer la vinculación entre productores, instituciones de investigación y organismos gubernamentales, para promover la propagación controlada, el acceso a tecnologías y la regularización de la producción bajo esquemas de conservación más accesibles a los productores.

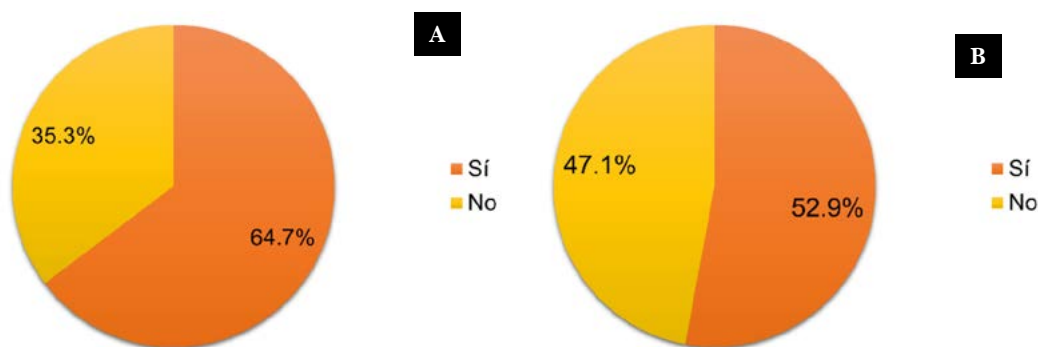


Figura 6. Interés en recibir información sobre orquídeas mexicanas (A); Disposición a incorporar especies mexicanas en la producción de orquídeas (B), $n=17$.

Finalmente, es indispensable reconocer el compromiso de quienes mantienen viva la cultura de la orquideoflora mexicana. Su trabajo, además de sostener una actividad económicamente relevante, contribuye a la preservación del patrimonio biológico y ornamental del país, abriendo el camino hacia un modelo productivo más sostenible y con identidad nacional.

Agradecimiento

Los autores agradecen al Colegio de Postgraduados, en su Convocatoria 2025-03-49 “Para Apoyar Proyectos de Investigación e Incidencia Orientados a Fortalecer el Desarrollo y/o Identificación de Prácticas de Producción Sostenible en el Sector Agropecuario Acuícola y Pesquero Frente a los Riesgos Agroclimáticos (Acciones para la Adaptación y Mitigación al Cambio Climático y Reducción de Huella Hídrica) (CCYRHH).

Innovaciones, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos, etc.	Asociaciones de Productores Productores independientes Comunidades Agrarias	Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería	Social Económico Ambiental Conocimiento	Económico Educación Responsabilidad Ambiental	Competitividad Recursos Humanos Comercio	Numero de tesis Número de egresados (Lic. M.C., D.C.) Número de publicaciones Transferencias tecnológicas Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible						
Innovación frugal	Hacer más con menos. Idear estrategias de bajo costo para sortear las complejidades institucionales o limitaciones de recursos, conseguir innovar, desarrollar y entregar productos y servicios a los usuarios de bajos ingresos con poco poder adquisitivo						

Mejora en los índices de calidad de jugo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) con aplicación de abonos orgánicos

Hernández-Pérez, César Augusto¹; Hernández-Cázares, Aleida Selene¹; Salinas-Ruiz Josafhat¹; Rodríguez-Lagunes, Daniel Arturo²; Velasco-Velasco, Joel^{1*}

¹ Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Federal Córdoba-Veracruz km. 348, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94953.

² Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Región Orizaba-Córdoba. Carretera Peñuelas Amatlán Kilómetro 177, 94500 Córdoba, Ver.

* Autor para correspondencia: joel42ts@colpos.mx

Cómo citar: Hernández Pérez, C. A., Hernández Cázares, A. S., Salinas Ruiz, J., Rodríguez Lagunes, D. A., & Velasco Velasco, J. Mejora en los índices de calidad de jugo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) con la aplicación de abonos orgánicos. *Agro-Divulgación*, 5(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i6.540>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Marzo 2026.

Agro-Divulgación, 5(6). Noviembre-Diciembre. 2025. pp: 29-32.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



Problema

En México, la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es un cultivo de gran importancia nacional; aporta el 88% de la participación en la producción nacional de agroindustrias del país, es utilizado para la producción de azúcar, bioetanol y otros coproductos. La aplicación de fertilizantes químicos ha sido la práctica agrícola más utilizada por los agricultores de caña de azúcar, utilizando un exceso de fertilizantes sintéticos con nitrógeno para obtener altos rendimientos. Sin embargo, este uso conduce a la reducción de materia orgánica del suelo, deterioro y una reducción en la microbiota del suelo, los cuales están estrechamente relacionados a la productividad y calidad del cultivo. Los biofertilizantes en la agricultura pueden ser una alternativa para hacer frente a este problema, pues coadyuvarían a reducir el uso excesivo de insumos (urea, sulfato de amonio, nitrato de amonio), además de que mejorar la calidad del jugo de caña de azúcar. El uso de biofertilizantes como alternativa para mitigar los efectos negativos provocados por el uso intensivo de fertilizantes químicos mejora la producción y la calidad del jugo de la caña de azúcar. Los índices de calidad de jugo están asociados a la calidad y al estado de máxima madurez de la caña. La información sobre maduración de los cultivares de caña de azúcar es esencial para que los ingenios azucareros eviten la mala calidad durante la zafra. A través del monitoreo de parámetros como azúcares reductores, porcentaje de sacarosa, sólidos solubles y pureza podemos es factible determinar la edad de las cañas de azúcar en las que se alcanza el porcentaje máximo los valores óptimos de estos parámetros.



Solución planteada

Se llevo a cabo la evaluación de los índices de calidad de jugo bajo el uso de biofertilizantes en combinación con urea en una parcela experimental de un productor cooperante. Los tratamientos aplicados incluyeron las siguientes dosis: 1) Trat 1: 375 kg N-mineral/ha; 2) Trat 2: 282 kg N-mineral/ha + 5 t composta/ha; 3) Trat 3: 188 kg N-mineral/ha + 10 t composta/ha; 4) Trat 4: 94 kg N-mineral/ha + 15 t composta/ha; y 5) Trat 5: 20 t composta/ha. Previo a la cosecha del cultivo, se realizó un seguimiento detallado de la respuesta de la caña de azúcar al uso de biofertilizantes combinado con urea y se analizaron los índices de calidad del jugo para ver su comportamiento bajo este manejo. Los resultados validan la importancia del uso de biofertilizantes en combinación con fertilizante mineral como una estrategia sostenible para mejorar la productividad de caña de azúcar, y se reduce el impacto ambiental asociado al uso excesivo de fertilizantes minerales garantizando la calidad del jugo para las industrias azucarera.

Sólidos solubles

La mayor cantidad de sólidos solubles se encontró en el Tratamiento 2 (Trat 2) obteniendo 4.79 ± 0.29 sólidos solubles; mientras que, la menor cantidad de sólidos solubles se encontró en el Tratamiento 3 (Trat 3) con 4.02 ± 0.29 sólidos solubles (Figura 1).

Porcentaje de pureza

Se observaron diferencias estadísticas para la variable porcentaje de pureza, el mayor porcentaje se encontró en el Trat 3, obteniendo 15.89 ± 0.11 porcentaje de pureza, mientras que, el menor porcentaje de pureza se encontró en el Trat 5, 12.87 ± 0.11 porcentaje de pureza respectivamente (Figura 2).

Porcentaje de sacarosa

El mayor porcentaje de sacarosa se encontró en el Trat 2, obteniendo 4.86 ± 0.36 porcentaje de sacarosa; mientras que, el menor se encontró en el Trat 3 con 4.12 ± 0.36 (Figura 3).

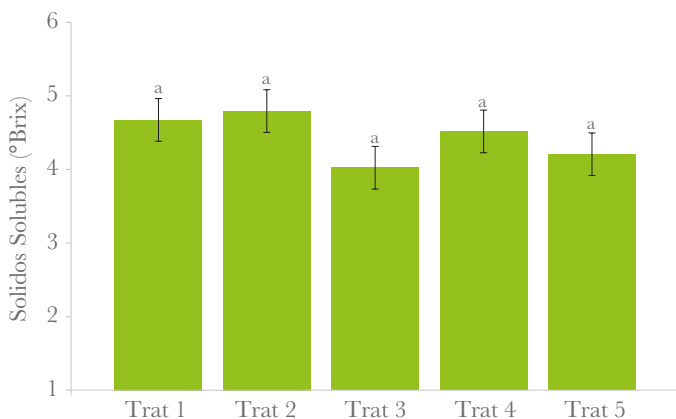


Figura 1. Sólidos solubles de los diferentes tratamientos estudiados durante la cosecha de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Las barras sobre las columnas representan el error estándar. Medias con diferente letra son significativamente diferentes (LSD, $\alpha=0.05$).

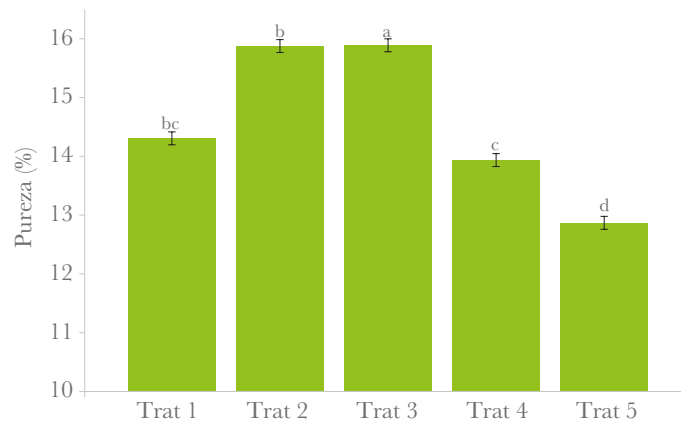


Figura 2. Porcentaje de pureza de los diferentes tratamientos estudiados durante la cosecha de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Las barras sobre las columnas representan el error estándar. Medias con diferente letra son significativamente diferentes (LSD, $\alpha=0.05$).

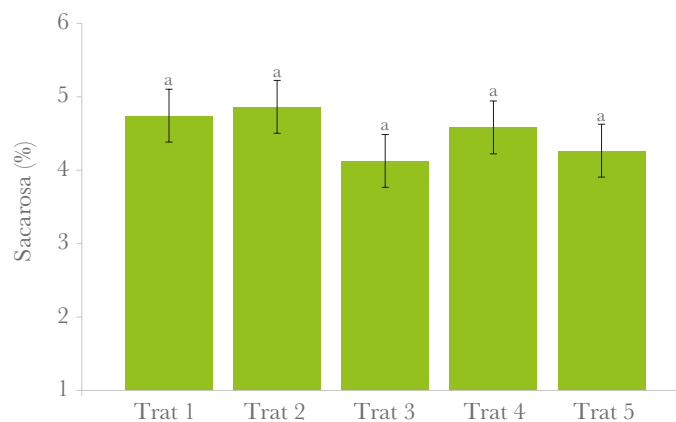


Figura 3. Porcentaje de sacarosa de los diferentes tratamientos estudiados durante la cosecha de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Las barras sobre las columnas representan el error estándar. Medias con diferente letra son significativamente diferentes (LSD, $\alpha=0.05$).

Azúcares reductores

Se observaron diferencias estadísticas para la variable azúcares reductores, la mayor cantidad de azúcares reductores (g L^{-1}) se encontró en el Trat 1 y 5, obteniendo $4.19 \pm 0.11 \text{ g L}^{-1}$; mientras que, la menor cantidad de azúcares reductores se encontró en el T2, con $3.01 \pm 0.11 \text{ g L}^{-1}$ (Figura 4).

Los índices de calidad de jugo están asociados al estado de máxima madurez de la caña; y la información sobre ello y el momento exacto en los cultivares de caña es esencial para la industria. A través del monitoreo de parámetros como azúcares reductores, % de sacarosa, °Brix y pureza se determina la edad de las cañas en las que se alcanza el porcentaje máximo de estos parámetros debido a que son elementos bioquímicos clave para evaluar la calidad de la caña de azúcar.

Los sólidos solubles o °Brix son una medida del contenido de sacarosa o azúcar. Muchos factores, como la temperatura, la altitud, el clima y la gestión del rendimiento desempeñan un papel vital a la hora de decidir la cantidad de sacarosa en el jugo de caña de azú-

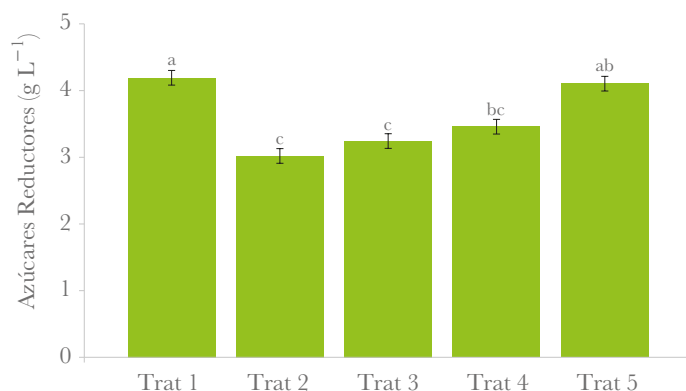


Figura 4. Azúcares reductores de los diferentes tratamientos estudiados durante la cosecha de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Las barras sobre las columnas representan el error estándar. Medias con diferente letra son significativamente diferentes (LSD, $\alpha=0.05$).

car base. Un mayor contenido de °Brix conduce a mayor rendimiento de azúcar. En este estudio, el aumento en el porcentaje de sacarosa y °Brix se vio afectado significativamente por las dosis de N mineral más altas obteniendo mejor porcentaje de sacarosa y °Brix en el Trat 1 y 2 donde existe mayor cantidad de nitrógeno (N) mineral.

La sacarosa es el componente de interés en el jugo de la caña. Los azúcares reductores se refieren a los sacáridos. Si bien todos los monosacáridos y la mayoría de los disacáridos son azúcares reductores, el término tal como se utiliza en la industria azucarera se refiere principalmente a la glucosa y la fructosa, a diferencia de la sacarosa, que es un azúcar no reductor. Los datos obtenidos revelaron que los azúcares reductores respondieron significativamente a la combinación de 282 kg N-mineral/ha + 5 t composta/ha obtenido los mejores valores (más bajos) de azúcares reductores, ya que, una alta cantidad de azúcares reductores, normalmente se observa en cañas jóvenes e inmaduras.

Los resultados mostraron que la combinación de urea más composta mostraron efectos positivos en los índices de calidad, tales como el porcentaje de pureza, sólidos solubles, porcentaje de sacarosa y azúcares reductores del jugo de caña de azúcar, se cuantificaron los mejores índices en la combinación de una dosis alta de urea combinado con composta. Dicha combinación mejoró la eficiencia en el uso del nitrógeno mineral lo cual se tradujo en mayor calidad de la caña de azúcar.

Innovaciones, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Procesos	Implementación de una nueva o significativa mejora de un método de producción o de suministro	Asociaciones de Productores Productores independientes	Primario: Agricultura	Económico	Económico	Capacitación	Transferencias tecnológicas
				Ambiental	Educación		
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible	Comunidades Agrarias			Responsabilidad Ambiental Salud Pública		

Recuperación de nutrientes mediante la mineralización de efluentes de biofloc del cultivo de tilapia

Garza-Torres, Rodolfo¹; Fimbres-Acedo, Yenitze E.^{1*}

¹ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste-Unidad Nayarit. Cd. del Conocimiento No. 23, Col. Cd. Industrial, Tepic, Nayarit, México, C.P. 63173.

* Autor para correspondencia: yfimbres@cibnor.mx

Problema

La acuicultura es un sector primario de rápido crecimiento, actualmente produce más del 50% del pescado que se consume a nivel global, gracias a la diversificación de sus cultivos, la tecnificación de los sistemas y a la intensificación de las producciones. Sin embargo, genera residuos con alta carga de componentes nitrogenados (amonio, nitritos, nitratos), que provocan eutrofización, contaminación de las zonas aledañas y florecimientos algales, lo que limita su sostenibilidad. Se han diseñado sistemas productivos como la Tecnología de Biofloc (TBF), que permite la formación de flóculos microbianos, conformados por bacterias, fitoplancton, materia orgánica e inorgánica, que promueven el reciclaje de nutrientes *in situ*, reducen el intercambio de agua y mejoran la eficiencia en el uso de los recursos. Una limitación es el monocultivo que suele presentarse en este tipo de sistemas; para solucionarlo, se han desarrollado los sistemas de Floponia, que son la unificación de sistemas de TBF con hidroponía. Su integración requiere bioprocesos como la mineralización; que permitan trabajar con los efluentes, transformarlos y formular soluciones nutritivas para su uso en el cultivo de plantas.

Solución planteada

Con el objetivo de evaluar la recuperación de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) mediante los procesos de mineralización, se llevó a cabo un experimento que comparó dos modalidades: a) mineralización aeróbica y b) mineralización mixta anaeróbica-aeróbica. Los efluentes se recolectaron de un sistema TBF heterotrófico de tilapia (3 m³, n=3), con una relación C/N de 13:1; las extracciones se realizaron cada tres días durante un mes, sumando un total de diez colectas por medio de un sedimentador cilindro-cónico (100 L por cosecha). Los materiales obtenidos fueron depositados en los distintos mineralizadores (1,000 L cada uno), donde permanecieron bajo condiciones de aireación o mixta, y oscuridad durante 40 días (véase Figura 1).

Cómo citar: Fimbres-Acedo, Y. E., & Garza Torres, R. Recuperación de nutrientes mediante la mineralización de efluentes de biofloc del cultivo de tilapia. *Agro-Divulgación*, 5(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i6.543>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Marzo 2026.

Agro-Divulgación, 5(6). Noviembre-Diciembre. 2025. pp: 33-36.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



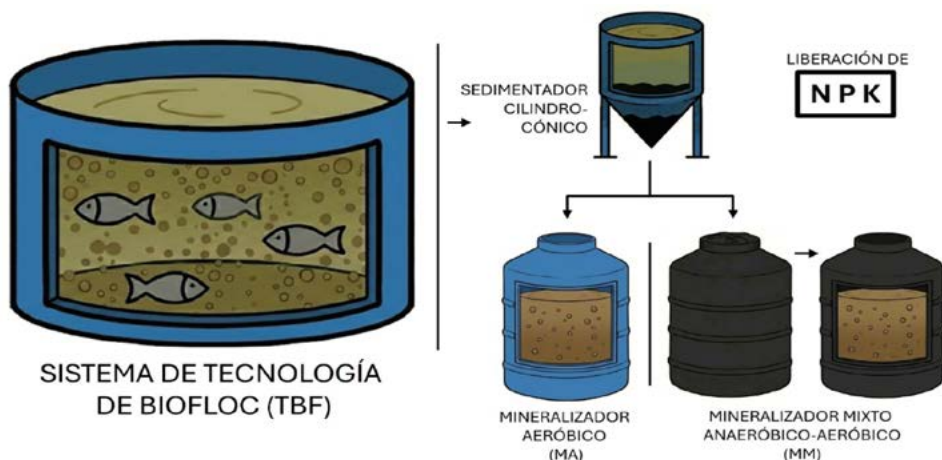


Figura 1. Metodología implementada para la colecta y mineralización de los efluentes de un sistema de Tecnología de Biofloc (TBF), provenientes del cultivo de tilapia.

Al terminar el experimento, se obtuvieron muestras de 50 mL de la fracción líquida y 2.5 g del material sólido de cada mineralizador. Se analizó el nitrógeno mediante el método Kjeldahl; el fósforo y potasio por espectrofotometría óptica (ICP-AES VARIAN®). En la fracción líquida, la mineralización aeróbica (MA) recuperó más fósforo ($p \leq 0.5$) que la mineralización mixta (MM) y los tanques, sin diferencias significativas entre tratamientos para nitrógeno o potasio ($p > 0.5$) (Figura 2).

En el caso de la fracción sólida, la mineralización mixta (MM) facilitó la recuperación de cantidades superiores de nitrógeno, fósforo y potasio ($p \leq 0.5$), en comparación con la mineralización aeróbica (MA) y los valores registrados en los tanques. Por su parte, la mineralización aeróbica también permitió obtener concentraciones de fósforo mayores que las observadas en el tanque (Figura 3).

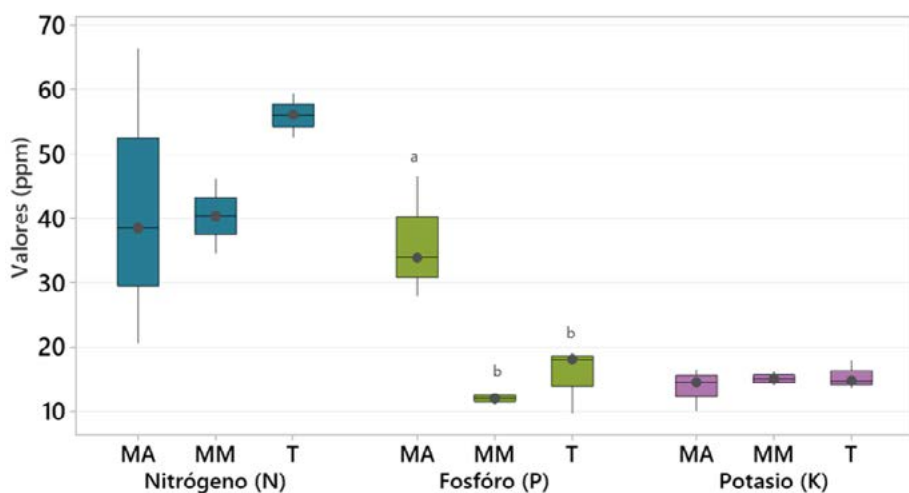


Figura 2. Recuperación de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) a partir de la fracción líquida sometida a mineralización aeróbica (MA) y mineralización mixta (MM), en comparación con los valores obtenidos en el efluente de los tanques (T).

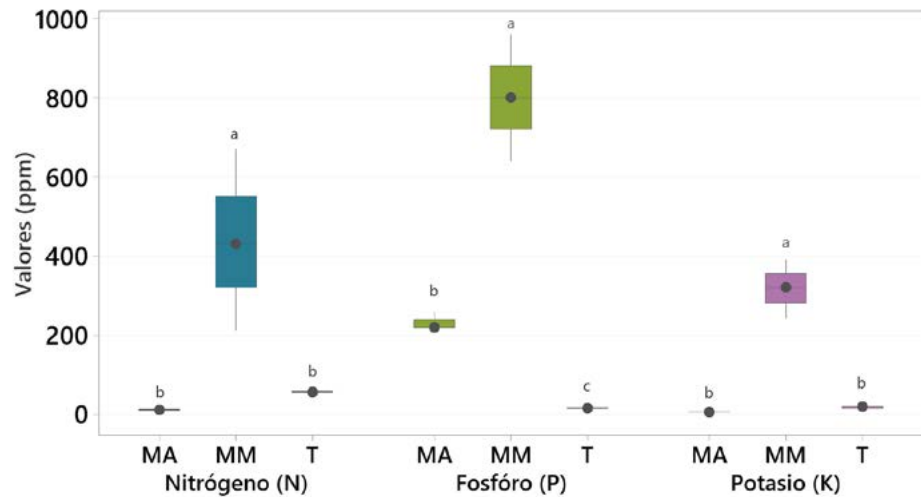


Figura 3. Recuperación de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) a partir de la fracción sólida sometida a mineralización aeróbica (MA) y mineralización mixta (MM), en comparación con los valores obtenidos en el efluente de los tanques (T).

La mineralización convierte compuestos orgánicos complejos de los efluentes en compuestos simples, facilitando la recuperación de nutrientes valiosos, a veces en concentraciones superiores a las de soluciones hidropónicas comerciales (Cuadro 1).

La mineralización del biofloc representa una estrategia eficiente para fomentar la circularidad en sistemas agroacuícolas, al transformar los efluentes en nutrientes aprovechables, lo que contribuye a la sostenibilidad, disminuye el consumo de insumos y permite la reutilización total de dichos residuos. Estos resultados facilitan la evaluación de la viabilidad de la mineralización como complemento en la transformación de los efluentes generados por los sistemas biofloc, incluyendo su integración en sistemas de floconia. Es necesario continuar investigando el potencial del biofloc como fuente de nutrientes y desarrollar formulaciones específicas adaptadas a distintos cultivos.

Cuadro 1. Valores nutrimentales de las soluciones hidropónicas comerciales: Hoagland y Steiner en comparación con los resultados obtenidos de la fracción líquida y sólida de la mineralización aeróbica (MA) y mineralización mixta (MM).

	N (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	CE (dS/m)	pH
Hoagland	220.0-242.0	24.0-31.0	230.0-232.0	2.0-2.5	5.5 - 6.5
Steiner	170.0	50.0	320.0	2.0-2.5	5.0 - 6.0
Mineralización aeróbica (MA) fracción líquida	41.8±23.1 ^b	36.1±9.6 ^c	13.7±3.4 ^b	0.95±0.3	6.2±0.3
Mineralización aeróbica (MA) fracción sólida	10.5±3.5 ^c	231.5±22.8 ^b	4.6±0.9 ^c	----	----
Mineralización mixta (MM), fracción líquida	40.3±5.8 ^b	12.0±0.9 ^d	15.1±1.1 ^b	1.3±0.9	6.0±0.2
Mineralización mixta (MM), fracción sólida	436.7±230.0 ^a	800.0±160.0 ^a	316.7±75.1 ^a	----	----

Innovación, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos, etc.	Asociaciones de Productores Gobierno de los Estados Productores independientes	Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería	Social Económico Ambiental Conocimiento	Ciencia y Tecnología Económico Responsabilidad Ambiental Salud Pública	Competitividad Recursos Humanos Comercio Generación de empleos Capacitación	Número de tesis Número de egresados (Lic. M.C., D.C.) Número de publicaciones Transferencias tecnológicas Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico
Procesos	Implementación de una nueva o significativa mejora de un método de producción o de suministro.	Comunidades Agrarias	Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i)				
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible						
Innovación frugal	Hacer más con menos. Idear estrategias de bajo costo para sortear las complejidades institucionales o limitaciones de recursos, conseguir innovar, desarrollar y entregar productos y servicios a los usuarios de bajos ingresos con poco poder adquisitivo						

Hacia un modelo de cafecultura climáticamente inteligente mediante diagnóstico rápido participativo

José Domingo, Robledo-Martínez^{1,2}; Fernando Carlos, Gómez-Merino¹; Roselia, Servín-Juárez^{1*}; Victorino, Morales-Ramos¹; Juan Cristóbal, Hernández-Arzaba¹; Esteban, Escamilla-Prado²; Blanca Rubi, Serrano-Vázquez¹; Santos, Bernabé-Inés³

¹ Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Federal Córdoba-Veracruz, Km. 348, Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94953.

² Universidad Autónoma Chapingo. Centro Académico Regional Huatusco. Carretera Federal Huatusco-Xalapa km 6.5, Huatusco de Chicuellar, Veracruz, México. C. P. 94100.

³ Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos, Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Carretera Federal México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230.

* Autor para correspondencia: roselijasj@colpos.mx

Cómo citar: Robledo-Martínez, J. D., Gómez-Merino, F. C., Servín Juárez, R., Morales-Ramos, V., Hernández-Arzaba, J. C., Escamilla-Prado, E., Serrano-Vázquez, B. R., & Bernabé-Inés, S. Hacia un modelo de cafecultura climáticamente inteligente mediante diagnóstico rápido participativo. *Agro-Divulgación*, 5(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i6.546>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Marzo 2026.

Agro-Divulgación, 5(6). Noviembre-Diciembre. 2025. pp: 37-40.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



Problema

La región cafetalera de Huatusco, Veracruz, México, enfrenta desafíos vinculados al cambio climático y vulnerabilidad económica de las unidades de producción. La variación de temperatura y precipitación, erosión y disminución de la fertilidad del suelo y el ataque de plagas y enfermedades han disminuido la producción de café, reduciendo la rentabilidad del cultivo y afectando a las familias que dependen de este cultivo. A pesar de su importancia socioeconómica, la actividad cafetalera, opera bajo condiciones ambientales cada vez más inciertas, aunado a una marcada fragmentación entre los actores de la cadena de valor del café. La limitada articulación entre productores, organizaciones, instituciones académicas, empresas privadas y programas gubernamentales ha provocado duplicidad de esfuerzos, falta de continuidad en las estrategias de desarrollo territorial, limitada transferencia de tecnología y acceso desigual a procesos de capacitación y acompañamiento técnico. Esta desconexión ha impedido que la región cafetalera de Huatusco en Veracruz transite de manera efectiva hacia esquemas más sostenibles de producción.

Otro problema es la carencia de diagnósticos participativos que permitan identificar las prácticas agrícolas sostenibles, evaluar sus beneficios y limitaciones e integrar estrategias de manejo holístico y sostenible, conforme a las necesidades de los productores de la región. Actualmente los productores de café mayoritariamente implementan prácticas tradicionales en sus cafetales que no siempre son compatibles con las condiciones climáticas,



lo que aumenta la vulnerabilidad de sus sistemas de producción y limita su adaptación al cambio climático.

Solución planteada

Con el propósito de atender esta problemática de manera estructurada y participativa, en el mes de octubre de 2025 se llevó a cabo el Foro Regional “Paradigmas de la Agricultura Climáticamente Inteligente en el Agroecosistema Cafetalero de la Región de Huatusco, Veracruz”, concebido como una intervención estratégica para: articular actores históricamente fragmentados, fortalecer capacidades técnicas locales, construir una visión colectiva sobre la Agricultura Climáticamente Inteligente (ACI) y generar insumos para el diseño de un Modelo Regional de Cafecultura Climáticamente Inteligente (MRCCI), con potencial de ser replicado en otras regiones cafetaleras en México y en contextos internacionales (Figura 1).

El foro fue diseñado como un espacio de encuentro intersectorial que permitiera: Actualizar conocimientos técnicos, recuperar saberes locales, identificar prácticas de ACI ya presentes en la región, generar acuerdos colectivos, y construir una agenda compartida sobre la transición hacia una cafecultura más sostenible y resiliente.

Su estructura metodológica combinó elementos de capacitación técnica, intercambio de experiencias, diagnóstico rápido participativo y análisis colaborativo, buscando articular a los diferentes actores que intervienen directa o indirectamente en el cultivo y comercialización del café. El foro se organizó en dos fases complementarias:

La **Fase I** consistió en exposiciones, en donde especialistas de instituciones académicas, organizaciones de productores, empresas cafetaleras y proveedores de insumos presentaron información actualizada sobre prácticas sostenibles para fortalecer la cafecultura regional en un contexto de cambio climático. Entre los ejes temáticos abordados se



Figura 1. Modelo Regional de Cafecultura Climáticamente Inteligente (MRCCI).

incluyeron: Modelos de agricultura regenerativa, germoplasma y variedades de café de alto rendimiento, manejo sostenible de la fertilidad del suelo, tecnologías de precisión para el cultivo del café, trazabilidad y certificaciones, innovaciones basadas en sostenibilidad y calidad y estrategias para mejorar la productividad y la resiliencia.

Estas exposiciones cumplieron una función formativa, pero también permitieron visibilizar experiencias prácticas exitosas, identificar brechas en el acceso al conocimiento y establecer puntos de convergencia entre actores tradicionalmente no vinculados.

La **Fase II** se desarrolló a través de mesas de trabajo organizadas de acuerdo con los pilares de la ACI: 1. Productividad, 2. Adaptación, 3. Mitigación y 4. Políticas públicas y gobernanza. La metodología de Diagnóstico Rápido Participativo (DRP) permitió que productores, técnicos, académicos, representantes de empresas y actores gubernamentales analizaran conjuntamente la situación actual, identificaran las prácticas inteligentes de manejo del cafetal que contribuyeran al incremento de la producción, adaptación y resiliencia al cambio climático, favorecieran la regeneración del suelo y se propusieran acciones estratégicas para la región de Huatusco, Veracruz. Para promover la reflexión colectiva se utilizaron preguntas detonadoras. Este proceso facilitó: la identificación de prácticas inteligentes en los cafetales, el rescate de conocimientos tradicionales, la jerarquización de necesidades de acompañamiento técnico, la evaluación de brechas entre lo deseable y lo posible y la formulación de propuestas de política pública para fortalecer la cadena de valor (Figura 2).

Cada mesa de trabajo construyó un listado de prácticas relevantes, diferenciadas según los tres pilares de la ACI; además de identificar áreas prioritarias para la implementación de políticas públicas más eficientes. El foro permitió alcanzar los siguientes resultados significativos: i) Prácticas clave para fortalecer la productividad (nutrición balanceada, selección de nuevas variedades e híbridos de café, manejo del tejido productivo, regulación de la sombra, control integrado de plagas y enfermedades y prácticas postcosecha); ii) Prácticas de adaptación al cambio climático (conservación de suelos, variedades de café resilientes, agroforestería, diversificación productiva y restauración del ecosistema productivo); iii) Prácticas relacionadas con la mitigación (restauración del suelo, fertilización racional, uso de bioinsumos, manejo de residuos y reforestación); iv) Propuestas de política pública (capacitación continua, investigación aplicada, fortalecimiento institucional y participación social en la construcción de soluciones).



Figura 2. Foro Regional “Paradigmas de la ACI en el Agroecosistema Cafetalero de la Región de Huatusco, Veracruz”.

Las recomendaciones derivadas del foro se enfocan en: 1) Dar seguimiento a este nuevo paradigma, buscando que los gobiernos lo consideren en las políticas públicas y en el marco de la Ley de Desarrollo Sustentable de la Cafecultura; 2) Crear un grupo interdisciplinario de trabajo para mejorar la comunicación entre los asistentes al foro; 3) Realizar un segundo foro para validar y aplicar los resultados generados. De esta forma, el foro trascendió como una intervención, orientado a la sostenibilidad del agroecosistema cafetalero en la región de Huatusco en Veracruz.

Innovación, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos.	Asociaciones de productores Productores independientes Comunidades agrarias	Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i)	Social Económico Ambiental Conocimiento	Ciencia y Tecnología Económico Educación Responsabilidad ambiental	Competitividad Recursos humanos Comercio Capacitación	Número de egresados (Licenciatura, Maestría y Doctorado). Número de publicaciones. Número de familias beneficiadas. Transferencias tecnológicas. Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico.
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible.	Poblaciones en particular					
Innovación frugal	Hacer más con menos. Idear estrategias de bajo costo para sortear las complejidades institucionales o limitaciones de recursos, conseguir innovar, desarrollar y entregar productos y servicios a los usuarios de bajos ingresos con poco poder adquisitivo.						

Biofertilizantes como mitigadores de la degradación química y nutrimental del suelo con cultivo de melón

Luna-Fletes, Jonás Alan¹; Mancilla-Villa, Oscar Raul¹; Martínez-Rodríguez, Oscar Germán²; Martínez-Martínez, Ricardo¹

¹ Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara, Av. Independencia 151, Autlán de Navarro, Jalisco, México, C.P. 48900.

² Campo Experimental Santiago Ixcuintla, INIFAP, Carretera Internacional México-Nogales km 6, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. C.P. 63300.

* Autor para correspondencia: jonas.luna@academicos.udg.mx

Cómo citar: Luna Fletes, J. A., Mancilla-Villa, O. R., Martínez-Rodríguez, O. G., & Martínez-Martínez, R. Biofertilizantes como mitigadores de la degradación química y nutrimental del suelo con cultivo de melón. *Agro-Divulgación*, 5(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i6.547>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Marzo 2026.

Agro-Divulgación, 5(6). Noviembre-Diciembre. 2025. pp: 41-43.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



Problema

La producción intensiva de hortalizas como el melón, por su ciclo corto presenta una alta demanda de nutrientes, lo que conlleva a un uso frecuente y excesivo de fertilizantes químicos. Esta práctica, aunque a corto plazo garantiza altos rendimientos, presenta una serie de consecuencias negativas desde el punto de vista ambiental, económico y social; al alterar el equilibrio químico del suelo, lo que puede traer problemas al mismo, tales como acidificación, salinización, reducción de microorganismos benéficos y bloqueo nutrimental, reduciendo o limitando la producción del cultivo en mención. Además, con estos manejos de nutrición los suelos se vuelven menos resilientes, requiriendo cada vez mayores dosis de fertilizantes para mantener la misma productividad. Ante esta situación, la producción de hortalizas enfrenta el desafío de emplear estrategias de nutrición vegetal más amigables con el suelo, como lo es la integración de biofertilizantes en los sistemas productivos.

Solución planteada

Se evaluaron cinco tratamientos: Lixiviado de vermicompost (LV)+Rhizovibac[®] (RZV), Biol de estiércol de cabra (BC)+RZV, LV, BC y testigo (sin biofertilizantes). El lixiviado de vermicompost se produjo a base de estiércol bovino y lombriz roja californiana, y el biol de estiércol de cabra se obtuvo mediante la fermentación del estiércol en un biodigestor. Mientras que, Rhizovibac[®] es un producto a base de micorrizas, y bacterias y



hongos benéficos. Estos biofertilizantes se aplicaron cada 10 días en drench, desde los 15 días después de la siembra (dds), hasta los 90 dds, como complemento a la fertilización química que emplea el productor. Se realizó un análisis de suelo inicial (antes de la siembra), y a los 100 dds se colectó una muestra compuesta de suelo por tratamiento a estas se les determinó la conductividad eléctrica (CE), pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), NO_3^- , P y K.

En las propiedades químicas del suelo (Figura 1), se encontró que para la conductividad eléctrica (CE), el tratamiento LV+RZV obtuvo el valor más alto (1.34 dS m^{-1}) en comparación con el resto de los tratamientos, el testigo (0.68 dS m^{-1}) y el análisis inicial (0.61 dS m^{-1}). Estos valores se mantuvieron dentro del rango no salino ($<2 \text{ dS m}^{-1}$), por lo que el aumento representa una mayor disponibilidad de nutrientes sin efectos osmóticos negativos para el cultivo. Para el valor del pH, se observó una tendencia de incremento con los tratamientos LV+RZV (7.19) y BC+RZV (7.16) con respecto al testigo (6.86), no así en comparación con el análisis inicial (7.15). Lo que indica que con estos tratamientos se mantuvo estable el pH (dentro de un rango neutro), favoreciendo el equilibrio químico del sistema suelo-planta. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) inicial fue de $27.76 \text{ cmol kg}^{-1}$, y con los tratamientos LV y LV+RZV los valores aumentaron a 32.79 y $25.38 \text{ cmol kg}^{-1}$ respectivamente superando al testigo con $15.05 \text{ cmol kg}^{-1}$. Esto señala que se mantuvo o mejoró la capacidad del suelo para retener e intercambiar con la planta cationes esenciales.

En la Figura 2 se aprecia que la concentración de NO_3^- fue notablemente mayor al aplicar los tratamientos LV+RZV y BC+RZV con valores de 58.24 y 31.36 mg kg^{-1} respectivamente superando al testigo (11.20 mg kg^{-1}) y al análisis inicial (6.72 mg kg^{-1}). Para el fósforo (P), el análisis inicial registró 20 mg kg^{-1} con respecto a los tratamientos aplicados y testigo (39.28 mg kg^{-1}), destacando un incremento para este elemento por el tratamiento

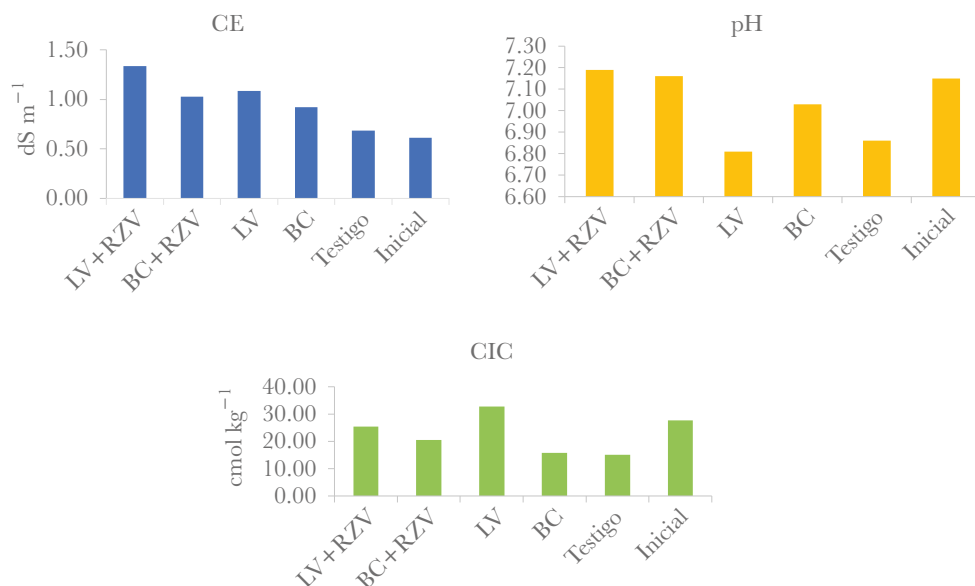


Figura 1. Modificaciones de algunas propiedades químicas del suelo por la aplicación de biofertilizantes.

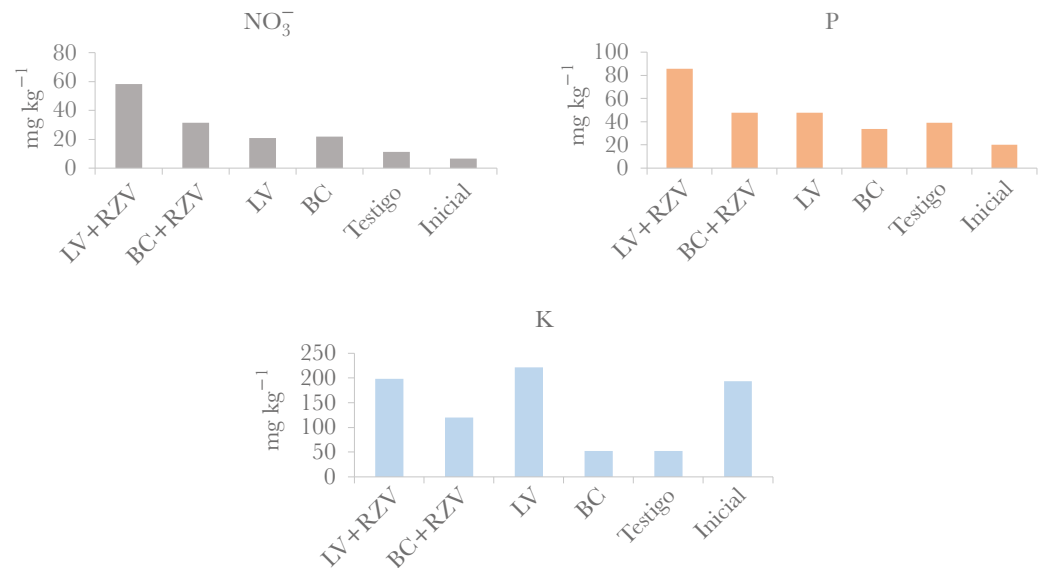


Figura 2. Modificaciones de la concentración macronutricional del suelo por la aplicación de biofertilizantes.

LV+RZV con una concentración promedio de 85.74 mg kg⁻¹. En el caso del potasio (K), los tratamientos LV y LV+RZV obtuvieron valores promedios de 221.17 y 198.14 mg kg⁻¹ respectivamente, indicando que mantuvieron e incrementaron las concentraciones de K, al compararlas con el análisis inicial (193.63 mg kg⁻¹) y el testigo (52.83 mg kg⁻¹). Estos resultados, favorecen la oferta macronutricional del suelo, lo que puede contribuir al incremento del rendimiento y calidad de los frutos de melón.

En general, los resultados obtenidos evidenciaron que la aplicación de fertilizantes orgánicos líquidos en combinación con Rhizovibac®, generó efectos sinérgicos positivos sobre las propiedades químicas y contenidos macronutrientales del suelo analizadas. Esto puede evitar la degradación del suelo al mantener o mejorar la fertilidad del mismo después del ciclo productivo del cultivo de melón.

Innovaciones, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos, etc.	Asociaciones de Productores Productores independientes Poblaciones en particular	Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería	Social	Ciencia y Tecnología	Competitividad	Numero de tesis
				Económico	Económico	Recursos Humanos	Número de egresados (Lic. M.C., D.C.)
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible		Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I)	Ambiental	Educación	Capacitación	Número de publicaciones
				Conocimiento	Responsabilidad Ambiental		Número de familias beneficiadas Transferencias tecnológicas Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico

De la calificación discreta a la clasificación multicriterio en subsidios agrícolas

Rodrigo Pérez-Ramírez 

¹ Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo. Carr. México - Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México, C.P. 56264.

* Autor para correspondencia: perez.rodrigo@colpos.mx, rodrigo.diiste@gmail.com

Problema

Los programas públicos de subsidios agrícolas —como el Programa de Fomento a la Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura en México— operan predominantemente bajo esquemas concursables, en los que la demanda de apoyos supera de forma sistemática la disponibilidad presupuestaria. En este marco, las cédulas de calificación se constituyen como el principal instrumento para la evaluación y priorización de proyectos (Cuadro 1). Sin embargo, su diseño suele apoyarse en escalas discretas y mecanismos de agregación lineales, principalmente la suma ponderada de criterios. Aunque estos esquemas resultan operativamente sencillos, a nivel metodológico presentan una capacidad discriminatoria

Cuadro 1. Cédula de calificación del Programa de Fomento a la Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura, 2025.

Criterio	Peso	Unidad de medida	Niveles de respuesta (Positiva/Negativa)	Puntaje
C ₁ . Reducción estimada de costos o aumento de ingresos	10	Porcentaje de reducción de costos o de aumento de ingresos.	Más del 10%	100
			/ Hasta 10% / <10 o no especificada	50
C ₂ . Tasa Interna de Retorno (TIR) SIN subsidio	15	Porcentaje	10 a 20 / 20 a 25 / >25 / <10 o no especificada	100 / 50 / 0 / 0
C ₃ . Incremento porcentual esperado en el volumen de producción	15	Porcentaje	>10 / 5 a 10 / 3 a 5 / 1 a 3 / <1 o no especificado	100 / 75 / 50 / 25 / 0
C ₄ . Aportación adicional al proyecto del total requerido por los montos de apoyo	10	Porcentaje de aportación	>50% / 40 a 50% / 25 a 40% / 10 a 25% / <10%	100 / 75 / 50 / 25 / 0
C ₅ . Promoción de la asociatividad	10	Número de productores beneficiados directamente	>100 / 50 a 100 / <50	100 / 50 / 25
C ₆ . Inclusión a productores de pequeña escala / jóvenes / mujeres / personas con discapacidad, indígenas y afromexicanos	15	Porcentaje de productores de pequeña escala	71-100 / 31-70 / <30	100 / 50 / 0
C ₇ . Uso de prácticas sustentables	10	Número de prácticas a implementar	2 o más / 1 / 0	100 / 50 / 0

Cómo citar: Perez Ramirez, R. De la calificación discreta a la clasificación multicriterio en subsidios agrícolas. *Agro-Divulgación*, 5(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i6.548>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Marzo 2026.

Agro-Divulgación, 5(6). Noviembre-Diciembre. 2025. pp: 45-49.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



limitada para diferenciar proyectos con niveles de desempeño cercanos, lo que genera altos niveles de empate, pérdida de información derivada del juicio experto y una correspondencia débil entre la evaluación técnica y el orden final de asignación de recursos. En contextos caracterizados por restricción presupuestaria y elevada heterogeneidad productiva, estas debilidades metodológicas afectan la eficiencia del gasto público, reducen la transparencia del proceso y erosionan la legitimidad de las decisiones de asignación.

Solución planteada

Con el fin de atender estas limitaciones, se desarrolló una solución metodológica que propone la transformación conceptual y operativa de las cédulas de calificación tradicionales en cédulas de clasificación, mediante la incorporación de métodos de decisión multicriterio (MDMC). Este enfoque permite evaluar de forma simultánea criterios de beneficio y de costo, integrar valoraciones lingüísticas emitidas por evaluadores expertos y generar un ordenamiento continuo y robusto de las alternativas, fortaleciendo así la capacidad discriminativa y la coherencia técnica de los procesos de priorización. Un ejemplo representativo de este tipo de metodologías es la Evaluación basada en la Distancia respecto a la Solución Media (EDAS, por sus siglas en inglés), la cual estima el desempeño relativo de cada proyecto a partir de distancias positivas y negativas respecto a una solución promedio (Figura 1).

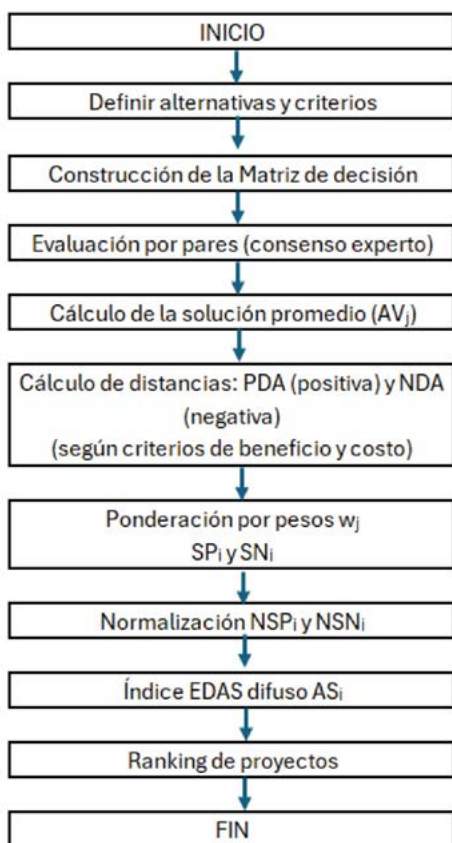


Figura 1. Proceso general para la evaluación multicriterio con el método EDAS.

A diferencia de los esquemas tradicionales, la aplicación del método multicriterio no se limita a asignar una puntuación final, sino que produce un ranking sustentado en la posición relativa de cada proyecto dentro del conjunto de propuestas evaluadas (Cuadro 2).

Este enfoque es plenamente compatible con la estructura actual de los criterios de priorización oficiales, ya que conserva los criterios y ponderaciones establecidos en las reglas de operación, pero sustituye el mecanismo de agregación discreta por uno multicriterio continuo. De esta forma, se habilita una adopción gradual del modelo sin modificar el marco normativo vigente ni los principios de equidad que rigen los programas públicos de apoyo.

Cuadro 2. Comparación del método tradicional y MDMC-EDAS en la calificación y clasificación de 100 proyectos hipotéticos.

Método tradicional			MDMC EDAS		
Proyecto	Calificación	Clasificación	Proyecto	Calificación	Clasificación
38	70	1	38	0.90871	1
7	65	2	15	0.87729	2
15	65	2	7	0.84648	3
4	57.5	4	12	0.72954	4
8	57.5	4	18	0.70984	5
21	57.5	4	35	0.70911	6
22	57.5	4	8	0.70641	7
2	55	8	98	0.67994	8
3	55	8	21	0.6584	9
6	52.5	10	22	0.65521	10
12	52.5	10	52	0.64244	11
14	52.5	10	57	0.63864	12
18	52.5	10	14	0.61483	13
27	52.5	10	88	0.61168	14
34	52.5	10	62	0.60833	15
35	52.5	10	27	0.60556	16
39	52.5	10	34	0.60555	17
98	52.5	10	45	0.59524	18
1	50	19	39	0.55576	19
52	50	19	4	0.54416	20

Innovación, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos, etc.	Gobierno de los Estados	Cuaternario: Servicios basados en el conocimiento que prestan industrias de las Tecnologías de Información y comunicación, de consultoría empresarial, de planificación financiera, de informática y de investigación científica. Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i)	Social Económico	Educación	Competitividad Finanzas Públicas	Número de egresados (Lic. M.C., D.C.) Número de publicaciones
Servicios	Cambia el concepto de un servicio, canal de interacción con el cliente, sistema de prestación de servicios, o conceptos tecnológicos que, de forma individual, pero muy posiblemente en combinación, conducen a una o más funciones renovadas o totalmente nuevas de servicio.			Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico			

Las semillas nativas de Chile y su importancia cultural y agrícola

Ramírez-Rodas, Yeimy C.^{1*}; Ortiz-Curiel, Simitrio¹; Gayosso-Rosales, Luis Y.¹; Gálvez-Marroquín, Luis A.¹; García-Mayoral, Luis E.¹; Martínez-Ruiz, Antonio¹; Santiago-López, Ulises^{1*}

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. C.E. Valles Centrales, C. Melchor Ocampo 7, Sto. Domingo Barrio Bajo, Etlá, Oaxaca, México. C. P. 68200.

* Autor para correspondencia: ramirez.yeimy@inifap.gob.mx; santiago.ulises@inifap.gob.mx

Cómo citar: Ramírez Rodas, Y. C., Ortiz Curiel, S., Gayosso Rosales, L. Y., Gálvez Marroquín, L. A., García Mayoral, L. E., Martínez Ruiz, A., & Santiago López, U. Las semillas nativas de Chile y su importancia cultural y agrícola. *Agro-Divulgación*, 5(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i6.561>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Marzo 2026.

Agro-Divulgación, 5(6). Noviembre-Diciembre. 2025. pp: 49-51.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



Problema

El Chile es un ingrediente central en la gastronomía mexicana; en Oaxaca, no solo es un ingrediente, es parte de la identidad, cocina e historia, que se ha conservado durante generaciones principalmente por agricultores a través de los productores en huertos familiares o de traspatio. De los 90 tipos de Chile descritos en México, la mayor diversidad se encuentra en los estados del sur, especialmente en Oaxaca, que alberga al menos 25. A pesar de su importancia económica, social y gastronómica, esta riqueza biocultural enfrenta hoy un riesgo creciente, amenazados por la erosión genética, plagas, enfermedades, reemplazo por variedades comerciales, cambio de cultivo y uso de suelo, vulnerabilidad climática, pérdida de prácticas agrícolas tradicionales, migración de los productores, entre otros factores que han provocado que algunas variedades locales se estén dejando de sembrar.

Las especies locales suelen estar limitadas por las características agroecológicas de su entorno y generalmente permanecen dentro de sus áreas de distribución natural, como es el caso del emblemático Chile Huacle (Figuras 1 A-B), conocido por ser uno de los ingredientes principales del “mole negro” oaxaqueño, el cual solamente se produce en única región (Cañada). Otro caso particular, es el Chile de Agua, característico de los Valles Centrales del estado (Figura 1C) que su producción está limitada principalmente por la



Figura 1. Frutos frescos de Chile Huacle y de Agua. A-B: frutos de Chile Huacle negro, en desarrollo (A) y en madurez hortícola (B); C: frutos de Chile de Agua en madurez hortícola.

incidencia de organismos plaga y demanda hídrica. Cuando una semilla desaparece, no solo se pierde material genético, se pierde también el conocimiento asociado a su cultivo, su uso culinario y su valor cultural.

Solución planteada

La conservación de las semillas nativas de Chile requiere estrategias integrales *ex situ* e *in situ*. Los bancos de germoplasma representan un elemento clave para resguardar esta diversidad genética; en ellos, las semillas pueden conservarse y regenerarse cuando sea necesario, para que puedan estar disponibles en el futuro. Por ello, en el Banco de Germoplasma del Sur, ubicado en el Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) se resguardan más de 250 accesiones de Chile recolectadas en el estado de que incluyen los tipos: Achilito, Bolita, Canario, Piquín chigolito, Coxle o Chilcoxle, Huacle o Chilhuacle, Costeño, Criollo de la mixteca, de Monte, de Agua, de Onza, Escuchito, Guiña Shiruundo, Guiña Shuladii, Loco, Mirasol, Nanche, Paya o Chilpaya, Pasilla, Piquín, Soledad, solterito, Tabaquero (chiltepe), Taviche y Tusta (Figura 2).

Conservarlas únicamente en el banco de germoplasma no es suficiente, es necesario su utilización, ya que los recursos genéticos se mantienen vivos cuando se siembran en campo. Para lo anterior, se realiza mejoramiento genético participativo con los productores como estrategia de conservación *in situ*. En el INIFAP de valles centrales se ha integrado



Figura 2. Conservación de accesiones de Chile en el Banco de Germoplasma del Sur. A: exterior del Banco de germoplasma; B: Accesiones de Chile resguardadas en el Banco de germoplasma.

un equipo multidisciplinario (2024) con integración de productores de Chile Huacle y Chile de Agua, con el enfoque de contribuir a la conservación de la biodiversidad en Chile, y reconocer el papel central de los productores (Figura 3), como patrimonio biocultural de Oaxaca.



Figura 3. Parcela demostrativa de Chile aplicando mejoramiento genético participativo.

Innovación, Impactos e Indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos, etc.	Asociaciones de Productores Gobierno de los Estados	Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería	Social Económico Ambiental Conocimiento	Ciencia y Tecnología Económico Educación Responsabilidad Ambiental	Competitividad Recursos Humanos Comercio Generación de empleos Capacitación	Número de publicaciones Número de familias beneficiadas Transferencias tecnológicas Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico
Modelo de negocio	Creación o reinención de un negocio	Productores independientes	Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i)				
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible	Comunidades Agrarias					
Innovación frugal	Hacer más con menos. Idear estrategias de bajo costo para sortear las complejidades institucionales o limitaciones de recursos, conseguir innovar, desarrollar y entregar productos y servicios a los usuarios de bajos ingresos con poco poder adquisitivo						

Aspectos críticos en la colecta de muestras de cítricos para obtener ácidos nucleicos para investigación

Rosalba, Contreras-Maya¹; Ángel, Villegas-Monter^{1*}

¹ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Postgrado Fisiología Vegetal. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56264.

* Autor para correspondencia: avillega@colpos.mx

Cómo citar: Contreras-Maya, R., & Villegas-Monter, Ángel. Aspectos críticos en la colecta de muestras de cítricos para obtener ácidos nucleicos para investigación. *Agro-Divulgación*, 5(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i6.569>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Marzo 2026.

Agro-Divulgación, 5(6). Noviembre-Diciembre. 2025. pp: 53-55.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



Problema

Uno de los principales retos en estudios moleculares y de diagnóstico fitosanitario es la obtención de ácidos nucleicos de calidad y cantidad a partir de hojas de plantas de cítricos. La eficiencia y confiabilidad de los análisis posteriores dependen directamente de la colecta, la cual suele subestimarse ante los procedimientos de laboratorio. En plantas de cítricos los factores como la edad fisiológica del tejido, presencia de metabolitos secundarios (polifenoles y polisacáridos), estado fitosanitario de la hoja y las condiciones ambientales (temperatura) al momento del muestreo influyen de manera directa en la integridad y pureza del ADN y RNA. Adicionalmente, practicas inadecuadas durante la colecta (brotes completos que dificultan el traslado), manipulación (utilización de papel para envolver las muestras que, con la transpiración, aumenta la humedad en las bolsas favoreciendo el crecimiento de hongos), conservación y transporte de las hojas pueden favorecer la degradación de ácidos nucleicos y la extracción de metabolitos secundarios, comprometiendo la confiabilidad de los análisis moleculares. Por ello, conocer y estandarizar los criterios de colecta son fundamentales para asegurar resultados reproducibles y confiables.

Solución Planteada

Las muestras se colectaron de cuatro brotes en crecimiento activo (un brote por orientación cardinal) para formar una muestra compuesta; en promedio de 8-10 hojas dependiendo de la especie y edad de la planta (Figura 1A), hojas pequeñas en lima ácida mexicana (*Citrus aurantifolia*), y hojas grandes en lima persa (*C. latifolia*) y naranjo (*C. sinensis*).



Las muestras se etiquetaron con un trozo de papel y escrito con lápiz para evitar el escurrimiento de la tinta, se colocaron dentro de bolsas de polietileno sin papel absorbente (Figura 1B), en una hielera para su traslado al laboratorio, es importante mencionar que se utilizaron botellas de agua congeladas ya que tardan más en descongelarse en comparación con los geles refrigerantes. Al arribo al laboratorio, las muestras llegaron se almacenaron a 4 °C hasta el procesamiento en un periodo no mayor a 72 horas. El primer aspecto a considerar fue la limpieza de las hojas con toallitas de papel interdoblas (Sanitas[®], México) humedecidas con alcohol al 75% por el haz y envés, después se realizó la extracción y picado fino de la nervadura central de las hojas con ayuda de navaja de un solo filo (CORTY[®], México) y sobre un trozo de cristal (Figura 1C), para almacenamiento en microtubos de 2 mL (AXYGEN[®], México) a -20 °C. La lisis celular se realizó con la maceración del tejido en un disruptor (Retsch[®], México) a 30 frecuencias por 20 min; para ello se pesaron 0.25 g de nervadura de la muestra compuesta más 1 mL de buffer salino (Tris-HCl 10 mM, EDTA 1 mM, NaCl 2 M, albúmina bovina 0.05%; Sigma-Aldrich, EE. UU) y 3 balines de acero inoxidable (3/16") en microtubos 2 mL. Posteriormente los tubos con tejido macerado, se centrifugaron por 5 min a 7500 rpm a 4 °C para la recuperación de los balines y se descartó el sobrenadante; después, se volvió a agregar 800 µL de buffer salino, se agitó en vórtex y se volvió a centrifugar durante 5 min a 13500 rpm a 4 °C y se eliminó el sobrenadante. La inhibición de enzimas y precipitación de ácidos nucleicos se realizó empleando la metodología del CTB al 2% (Villegas-Monter *et al.*, 2024).

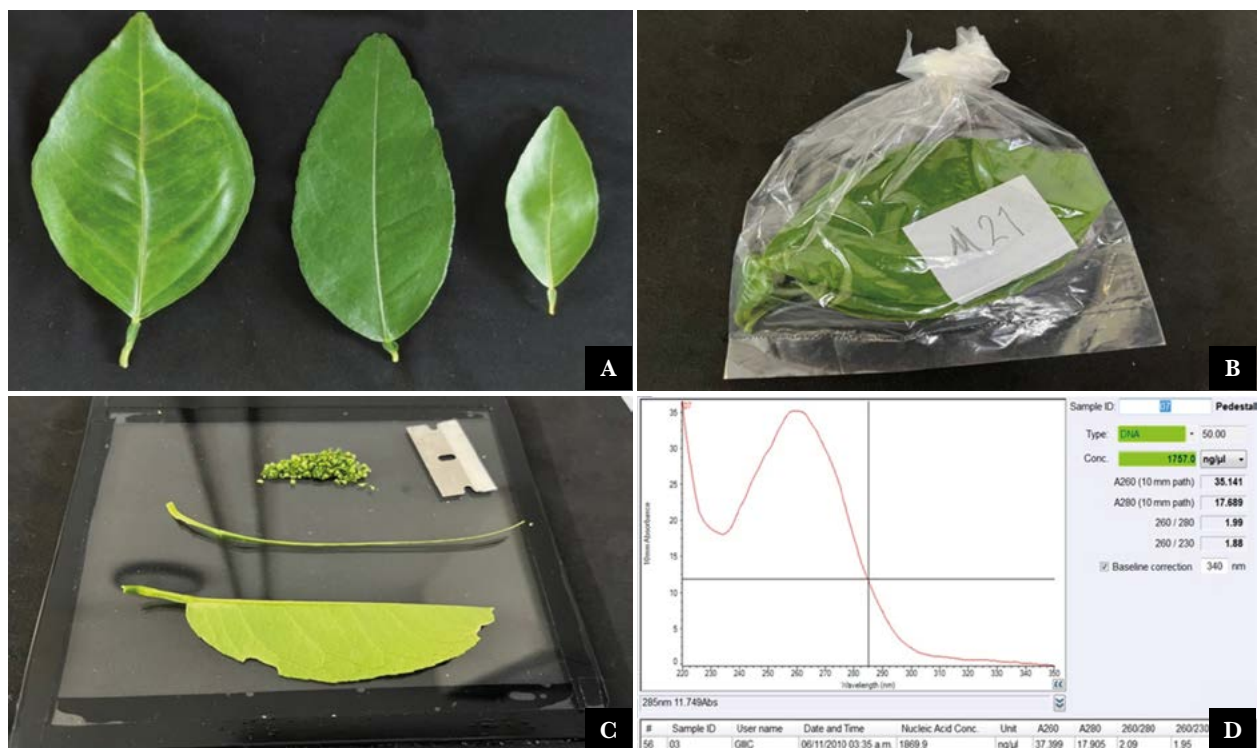





Figura 1. Recolecta de hojas de cítricos para extracción de ácidos nucleicos. A) tamaño de hojas de diferentes especies cítricas, B) etiquetado y embolsado de muestra compuesta, C) extracción y picado de nervaduras de hojas, D) lectura de concentración y calidad de ácidos nucleicos.

La verificación de las calidades y las concentraciones de ácidos nucleicos se realizó con un 1 μ L de muestra en Nano Drop 2000 (Thermo Fisher Scientific, EE.UU.). Se obtuvieron valores entre 1.8 y 2 en absorbancia (260/280 nm; 260/230 nm) y las concentraciones fueron de 300 hasta 2000 ng μ l⁻¹ (Figura 1D). Por lo anterior muestras compuestas de ocho a 10 hojas de cítricos son suficientes para la extracción de ADN y ARN de calidad, sin necesidad de coleccionar brotes completos. Transportar las muestras en recipientes con botellas de agua congelada garantizan la obtención de ácidos nucleicos de calidad, con resultados precisos y diagnósticos oportunos, para estrategias de manejo eficientes para los productores.

Innovación, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Procesos	Implementación de mejor método de extracción de ácidos nucleicos.	Académicos y técnicos Gobierno de los Estados Instituciones privadas y de gobierno dedicadas al diagnóstico de patógenos mediante técnicas moleculares.	Primario: Agricultura, Fruticultura Terciario: Servicios que se prestan a los productores de cítricos.	Social Conocimiento	Ciencia y Tecnología Educación	Competitividad Recursos Humanos	Bases para tesis de maestría y doctorado. Transferencias tecnológicas Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico
Servicios	Cambia el concepto de la colecta de muestras de cítricos	Poblaciones en particular					

Fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.): síntomas y muestreo en campo

Uribe-Rivera, Saúl, E.^{1*} ; García-Flores, Dalia, A. ; Olmos-Oropeza, Genaro¹ 

¹ Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, C.P. 78620.

* Autor para correspondencia: uribe.saul@colpos.mx

Problema

El cultivo de fresa está sujeto a una serie de problemas fitosanitarios donde destacan los síntomas de antracnosis y pudrición de corona. Los agentes causales son *Phytophthora* spp. y *Alternaria* spp., respectivamente, causando pérdida de planta y reducción de la producción. Si bien los productores son capaces de identificar los síntomas, el control de los agentes es difícil al no existir información precisa, causa que los agricultores empleen estrategias poco efectivas para mitigar los impactos al cultivo, ya que solo se conoce a la sintomatología por antracnosis, mancha foliar y pudrición; por ello es fundamental proporcionar al sector productivo la información adecuada sobre la identidad de los agentes causales para dicho cuadro sintomatológico y que sea posible llevar a cabo su correcto control en la región, ya que, si bien se emplean algunos productos, dada la naturaleza de los fitopatógenos, es probable que no sea adecuado lo que resulta en una pérdida constante cada ciclo.

Cómo citar: Uribe Rivera, Saúl Enrique, García Flores, D. A., & Olmos Oropeza, G. Fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.): síntomas y muestreo en campo. *Agro-Divulgación*, 5(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i6.558>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Marzo 2026.

Agro-Divulgación, 5(6). Noviembre-Diciembre. 2025. pp: 57-60.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International

Solución planteada

Se recolectaron plantas de fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) que presentaban síntomas de antracnosis, manchas foliares y pudrición de corona en el municipio de Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México, para identificar a los agentes causales, y elaborar estrategias para su control y combate basado en la correcta aplicación y rotación de ingredientes activos en campo, que coadyuve a crear una estrategia integral para ser transferida a productores de la región, minimice pérdidas y facilite la divulgación respecto del cuadro sintomatológico de la fresa.

Diagnóstico asociado a sintomatología

Se muestrearon plantas de fresa (*Fragaria* × *ananassa*) variedad Albión con sintomatología correspondiente a manchas de coloración oscura con zonas necróticas en hojas,



podrición en estolones (antracnosis) y pudrición de corona. Se procedió a realizar el muestreo de hojas, estolones y coronas de plantas que presentaban síntomas, posterior a ello fueron llevadas al laboratorio, donde, por medio de cultivo en PDA de las diferentes muestras se observó el crecimiento de patógenos, se realizó su aislamiento y con base a su morfología se identificaron.

El sector productivo y el acceso a la información

Si bien los agricultores de la zona están interesados en la comercialización de fresa variedad Albión, existe poca información disponible que les permita identificar a los agentes fitopatógenos asociados a dicho conjunto de síntomas, ya que, por ejemplo para la mancha foliar existen microorganismos tales como *Mycosphaerella fragariae* y *Cercospora fragariae* cuya sintomatología es muy similar: manchas pequeñas, coloraciones púrpuras y en ocasiones el denominado “agujero de bala”, que en condiciones de campo llega a causar confusión en su diagnóstico y por ende la efectividad del control.

Para la zona de la corona existen algunos agentes, tales como *Colletotrichum gloeosporoides* y *Colletotrichum acutatum* que causan pudrición y coloración en tonos rojizos, observable cuando se corta la corona transversal o longitudinalmente, situación que puede complicar el diagnóstico ya que *Phytophthora* spp. produce también el mismo tipo de coloración, variando solo en tonalidades, donde los primeros provocan tonos rojizos “vivos” mientras que para el segundo son rojizo-café oscuro.

En la pudrición de corona es posible encontrar a *Alternaria* spp. Por tanto, el muestreo y reconocimiento de los agentes presentes en la zona es fundamental para la implementación de correctas estrategias de manejo en campo. La actividad de muestreo e identificación en la zona de Salinas de Hidalgo, brindó la oportunidad de reconocer a los agentes causales; en el caso de la mancha foliar este fue *Phytophthora* spp., mientras que en la podredumbre de corona se aisló a *Phytophthora* spp., con micelio cenocítico y esporangios piriformes papilados, y *Alternaria* spp. Situación que demuestra como un microorganismo puede causar sintomatología distinta dependiendo de la zona afectada de planta, en este caso particular del cultivo la parte aérea por la mancha foliar, mientras que en la corona se encontró la presencia de ambos agentes causando la denominada podredumbre (Figura 1).

Estos hallazgos brindan la oportunidad para establecer talleres de capacitación, así como brindar apoyo mediante información técnica y fotografías que contribuyan a la correcta toma de decisiones en cuanto a manejo del cuadro de enfermedad se refiere. La identificación precisa de los agentes que causaban estas enfermedades en la fresa de la región representa un avance significativo para el sector productivo local. Ya que con esta información los productores de Salinas de Hidalgo podrán implementar estrategias más efectivas y específicas, lo que reducirá pérdidas económicas importantes provocadas por la antracnosis, pudrición y mancha foliar (Figura 2).

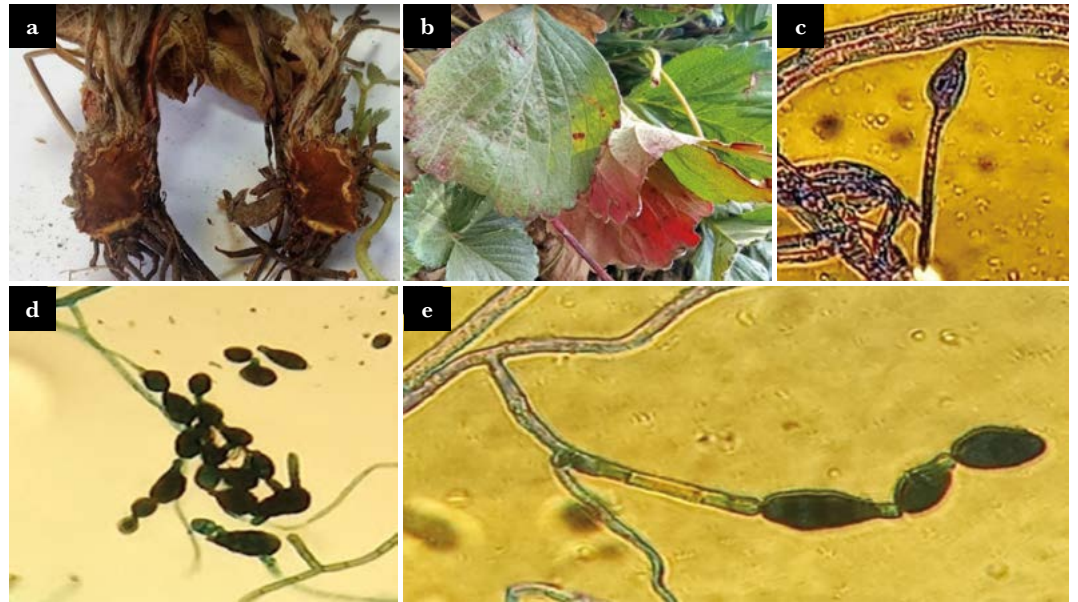


Figura 1. a) Corte transversal de la corona mostrando síntomas de pudrición y coloración en tonos rojizos-café. b) Manchas foliares presentes en hojas. c) Esporangio piriforme papilado correspondiente a *Phytophthora* spp. d) y e) Conidióforo y conidios de *Alternaria* spp.



Figura 2. Plantas de fresa en campo afectadas por el problema de pudrición (podredumbre) de corona, mancha foliar y antracnosis.

Innovación, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos, etc.	Asociaciones de Productores Productores independientes Comunidades Agrarias	Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i)	Social Económico Ambiental Conocimiento	Ciencia y Tecnología Económico Educación Responsabilidad Ambiental	Competitividad Comercio Generación de empleos Capacitación	Número de publicaciones Transferencias tecnológicas Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible						
Innovación frugal	Hacer más con menos. Idear estrategias de bajo costo para sortear las complejidades institucionales o limitaciones de recursos, conseguir innovar, desarrollar y entregar productos y servicios a los usuarios de bajos ingresos con poco poder adquisitivo						

Subproductos agroindustriales tropicales como sustrato alternativo para la producción forestal en vivero

Jorge Reyes-Reyes^{1,2}; Juan Francisco Aguirre-Medina^{1*}; Pablo Marroquín-Morales¹; Agustín Merino²

¹ Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus IV. Carretera Costera y Pueblo de Huehuetán, Huehuetán, Chiapas, México. C. P. 30660.

² Programa de Doctorado en Agricultura y Medioambiente para el Desarrollo, Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Universidad de Santiago de Compostela. Campus Universitario S/N, Lugo, España. C. P. 27002.

* Autor para correspondencia: juan.aguirre@unach.mx

Cómo citar: Reyes-Reyes, J., Aguirre-Medina, J. F., Marroquín-Morales, P., & Merino, A. Subproductos agroindustriales tropicales como sustrato alternativo para la producción forestal en vivero. *Agro-Divulgación*, 5(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i6.570>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Marzo 2026.

Agro-Divulgación, 5(6). Noviembre-Diciembre. 2025. pp: 61-63.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International

Problema

En el estado de Chiapas la producción de plantas forestales en vivero enfrenta limitantes técnicas y económicas que afectan la calidad de la planta y por ende el éxito de los programas de reforestación y plantaciones forestales. Uno de los principales problemas es la dependencia de sustratos comerciales importados y de alto costo, y esta condición es una limitante para el acceso de viveristas comunitarios y productores a pequeña escala. En la región Soconusco de Chiapas, México, existe una amplia disponibilidad de subproductos agroindustriales con potencial para sustratos, económicos y fáciles de adquirir como el cascabello de café (obtenido durante el proceso húmedo de *Coffea* sp.), fibra de palma de aceite (derivado de la extracción de aceite de *Elaeis guineensis* Jacq.), mezcla de aserrín de especies de hoja latifoliadas (obtenido de aserraderos), fibra de coco (obtenida de la separación de la corteza y el endospermo del fruto de *Cocos nucifera* L.) y bagazo de caña (derivado del proceso de la industria azucarera de *Saccharum officinarum* L.), los cuales son subutilizados o desechados sin un aprovechamiento productivo.

La ausencia de criterios técnicos para seleccionar, formular y manejar sustratos alternativos ha restringido su adopción. Esta situación deriva en mezclas inestables, con problemas de aireación, retención de humedad y desbalances nutrimentales que limita la producción de plantas forestales con calidad suficiente para enfrentar las condiciones edáficas y climáticas de la región.



Solución planteada

El uso de sustratos alternativos elaborados con subproductos agroindustriales disponibles en la región representa una alternativa práctica y confiable para mejorar la producción de plantas forestales en vivero. Subproductos como el cascabillo de café, la fibra de coco, el bagazo de caña, el aserrín y la fibra de palma de aceite, cuando se manejan y combinan adecuadamente, pueden ofrecer condiciones similares a las de los sustratos comerciales, a menor costo y mayor disponibilidad local (Figura 1).

El bagazo de caña, la cáscara de coco, la fibra de palma de aceite y el aserrín se recolectan en buen estado, sin evidencias de descomposición. Posteriormente, se muelen hasta obtener partículas ≤ 0.5 mm (Molino Swissmex[®] modelo 610120). La combinación de los subproductos en proporción de 20% de cada uno de ellos se genera un sustrato con pro-



Figura 1. Bagazo de caña, cáscara de coco, aserrín, cascabillo de café y fibra de palma de aceite.



Figura 2. Mezcla de sustratos alternativos.

propiedades físicas favorables, como densidad aparente de 0.25 (g.cm³), porosidad total (82%), aireación (30%) y buena retención de humedad (53%). Estas características son fundamentales para asegurar el desarrollo equilibrado de las plantas en vivero, especialmente en especies forestales tropicales como *Cedrela odorata* y *Roseodendron donnell-smithii*. El sustrato induce mejoras significativas en el crecimiento morfológico y fisiológico de las plantas de *Roseodendron donnell-smithii* (a) y *Cedrela odorata* L. (b) y la calidad de planta fue similares a las producidas con mezcla comercial (Figura 3), lo que indica que estas especie se adapta bien a sustratos alternativos regionales.

Derivado de lo anterior, los viveristas pueden optar por utilizar los subproductos agroindustriales y producir plantas de buena calidad. Además de disminuir costos, esta práctica contribuye a un manejo más responsable de los subproductos y fortalece la autosuficiencia de los viveros locales. El uso de sustratos alternativos es una opción viable y sostenible para mejorar la producción forestal en Chiapas, México.



Figura 3. Producción de plantas de *Roseodendron donnell-smithii* y *Cedrela odorata* con mezcla regional de subproductos agroindustriales.

Innovación, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Mejora del proceso de producción de planta forestal mediante el uso de mezclas de sustratos validadas	Asociaciones de Productores	Académico-Productivo	Social	Desarrollo sostenible	Mejora de la calidad de planta	Sustitución parcial del sustrato comercial
		Productores independientes	Primario: forestal	Económico Ambiental			
Innovación sostenible	Aprovechamiento de subproductos agroindustriales como insumos para sustrato.	Comunidades Agrarias Viveros forestales comunitarios y comerciales	Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I)	Conocimiento	Económico Responsabilidad Ambiental	Aprovechamiento de subproductos agroindustriales	Viveros que adoptan la tecnología Transferencias tecnológicas

Sistema de Semáforo para gestión eficiente de buenas prácticas agrícolas en agroecosistemas de *Elaeis guineensis* Jacq.

Marroquín-Agreda, Francisco J.¹ ; Pohlan, Hermann, A. J.² ; Salazar-Centeno, Dennis. J.³ ; Gabriel-Hernández, Magdiel^{4*} ; Garza-Hernández, J.M.⁵; Lerma-Molina J. N.⁶

¹ Universidad Autónoma de Chiapas, Campus IV, Huehuetan, Chiapas, México. C. P. 30670. marroquinf@gmail.com

² International Senior Consultant, University of Bonn, Germany. jpohlan@t-online.de

³ International Senior Consultant, Managua, Nicaragua. dennis.salazar1962@gmail.com

⁴ Universidad Autónoma de Chiapas, Campus IV, México. C. P. 30670. magdiel.gabriel@unach.mx

⁵ Universidad Autónoma de Chiapas, Campus IV, Huehuetán, Chiapas, México. C. P. 30670. juan.garza@unach.mx,

⁶ Universidad Autónoma de Chiapas, Campus IV, Huehuetán, Chiapas, México. C. P. 30670.

* Autor para correspondencia: magdiel.gabriel@unach.mx

Cómo citar: Marroquín Agreda, F. J., Pohlan, H. A. J., Salazar-Centeno, D. J., Gabriel-Hernández, M., Garza Hernández, J. M., & Lerma Molina, J. N. Sistema de Semáforo para gestión eficiente de buenas prácticas agrícolas en agroecosistemas de *Elaeis guineensis* Jacq. *Agro-Divulgación*, 5(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i6.549>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Marzo 2026.

Agro-Divulgación, 5(6). Noviembre-Diciembre. 2025. pp: 65-68.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



Problema

En el Soconusco, Chiapas, México, una región donde la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) se ha convertido en columna vertebral económica, social y agroambiental, las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) se aplican de forma desigual, fragmentada y, en muchos casos, sin secuencia cronológica que permita evaluar su verdadera eficacia. Cuando no se diagnostica, no se monitorea y no se audita, ocurre lo inevitable: se pierde el rumbo. Las consecuencias van desde lo social hasta lo agroambiental, pasando por impactos a la economía del productor. En lo social, la falta de sistemas de diagnóstico y seguimiento crea desigualdades entre productores, alimenta insuficientes prácticas laborales, debilita la organización, dificulta el acceso a certificaciones y frena el desarrollo comunitario. En lo económico, la falta de monitoreo ordenado provoca ineficiencias productivas, duplicidad de actividades, inversiones mal orientadas, pérdidas por baja calidad de racimos y, lo más doloroso, el cierre de puertas en mercados internacionales que exigen trazabilidad, inocuidad y transparencia y en lo referido a lo agroambiental, la ausencia de auditoría impide identificar fallas críticas: degradación del suelo, sobreuso o mal uso de insumos, manejo inadecuado de plagas y enfermedades, erosión de la biodiversidad y un impacto creciente



en el agua, el clima y los servicios ecosistémicos. El resultado conjunto es baja competitividad. Sin diagnóstico no hay estrategia; sin monitoreo no hay mejora; sin auditoría no hay credibilidad. Por consiguiente, la consecuencia es que, sin credibilidad, los países importadores simplemente compran en otro lado.

Solución planteada

La respuesta a esta problemática llegó con una metodología diseñada para poner orden. La Metodología del Sistema de Semáforo (MSdS) permite al gerente del agroecosistema diagnosticar, monitorear y auditar las BPA con un enfoque compatible con las realidades económicas, ecológicas y sociales de cada región. No es una receta universal; es un marco adaptable, práctico y transparente para gestionar sosteniblemente agroecosistemas con palma de aceite desde el historial y ordenamiento del agroecosistema por parcela o lote, y del vivero hasta la cosecha. La MSdS impulsa un programa sistematizado lote por lote, en el que cada proceso agrícola queda debidamente registrado con miras a un objetivo mayor que es construir un código de barras del agroecosistema, con el que se garantice trazabilidad e inocuidad a lo largo de toda la cadena productiva. Es lo que exigen los países importadores de aceite de palma y lo que significa competir. Aunque hoy cobra especial relevancia en los agroecosistemas con palma de aceite, esta metodología no nace de cero. Ha sido implementada exitosamente en agroecosistemas con café, cacao, cítricos, mango, piña, té, pimienta negra y caña de azúcar. Su eficacia ha sido probada, su lógica es sólida y su adopción, urgente.

En palma de aceite, la MSdS se estructura sobre trece pilares estratégicos que incluyen la vida del cultivo y su tejido social-productivo:

1. Historial y ordenamiento del agroecosistema por parcela o lote.
2. Origen de las semillas y cultivares.
3. Establecimiento del vivero y calidad de las plántulas.
4. Gestión agroecológica del suelo.
5. Sistemas de trasplante de la palma de aceite y cultivos asociados.
6. Manejo de los sistemas con palma de aceite y cultivos asociados.
7. Manejo de las arvenses.
8. Manejo de la nutrición o fertilización.
9. Manejo de plagas y enfermedades.
10. Riego, huella hídrica, drenaje, sistemas agroforestales y diversificación.
11. Manejo de la poda de saneamiento y limpieza.
12. Manejo de la cosecha y transporte primario de los racimos.
13. Responsabilidad social y empresarial: atención social, capacitación, seguridad laboral y registros.

La aplicación rigurosa de la MSdS no es un capricho metodológico; es una inversión social y territorial. Sus beneficios se multiplican en las tres dimensiones clave de la sostenibilidad: 1) En lo social, fortalece la organización productiva, asegura condiciones laborales más justas, mejora la capacitación, fomenta liderazgos locales y genera

Cuadro 1. Bitácora para la aplicación del MSdS.

Tarea	Actividades
1	Formación de los grupos de trabajo
2	Rifa de pilares de la MSdS para el levantamiento del área de practica (dos pilares para cada grupo)
3	Recolección de datos de los pilares asignados
4	Representación gráfica del estado del arte de las BPA asignadas
5	Definición de estrategias de mejora alineadas a estándares internacionales
6	Presentación de conclusiones por grupo (5 min por equipo)
7	Clausura de la práctica

comunidades más informadas y resilientes, 2) Referente a lo agroambiental, promueve el uso responsable del suelo, la conservación de la biodiversidad, el monitoreo hídrico, el manejo integrado de plagas, la reducción del impacto ambiental y una transición gradual hacia sistemas agroecológicos mixtos y 3) en lo relacionado con lo económico, mejora la productividad, incrementa la calidad de los racimos, reduce pérdidas, orienta mejor las inversiones, abre puertas a certificaciones y coloca a los productores del Soconusco en el mapa competitivo internacional. En suma: la MSdS no solo mejora el sistema, también, mejora a las personas, al territorio y al futuro, que es la verdadera esencia del desarrollo sostenible. En el cuadro 2 se detallan los niveles de innovación aplicados mediante la implementación de la MSdS en agroecosistemas con palma de aceite en le Soconusco, Chiapas, México.

Retribución social

La primera gran oportunidad de capacitación integral en la MSdS se abrió en el Diplomado Internacional de Producción Agroecológica de la Palma de Aceite, impartido en la Universidad Autónoma de Chiapas. Allí, los productores conocieron, aplicaron y debatieron la MSdS con ejercicios prácticos como el descrito en el Cuadro 1, donde seis equipos de trabajo (Oleopalme, Los Pijis, Grupo FCA, Los Inges, Los Picudos y Grupo Palma) realizaron diagnósticos reales, diseñaron estrategias de gestión de las BPA y las defendieron ante sus compañeros y facilitadores. Esta experiencia demostró algo esencial: la MSdS no solo ordena procesos; también forma liderazgos, multiplica capacidades y genera pensamiento crítico en los palmicultores, y mejor aún, todo está detallado en el “Manual para el productor de palma de aceite en México”, publicado en la editorial Shaker (Alemania), que ahora sirve como referencia técnica para el sector.

Innovación, Impactos e Indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos, etc.	Asociaciones de Productores Gobierno de los Estados Productores independientes	Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería Desarrollo e Innovación (I+D+i)	Social Económico Ambiental Conocimiento	Ciencia y Tecnología Económico Educación Responsabilidad Ambiental	Competitividad Generación de empleos Capacitación	Numero de tesis Número de egresados (Lic. M.C., D.C.) Número de publicaciones Número de familias beneficiadas Transferencias tecnológicas Desarrollo de productos y servicios para la sociedad Exportación incremento (%)
Procesos	Implementación de una nueva o significativa mejora de un método de producción o de suministro.	Comunidades Agrarias Poblaciones en particular					
Modelo de negocio	Creación o reinención de un negocio	Zonas turísticas					
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible						
Innovación frugal	Hacer más con menos. Idear estrategias de bajo costo para sortear las complejidades institucionales o limitaciones de recursos, conseguir innovar, desarrollar y entregar productos y servicios a los usuarios de bajos ingresos con poco poder adquisitivo						

Extractos vegetales para el manejo de plagas: un enfoque metabolómico

Luis Francisco, Salomé-Abarca ^{*}; Ma. de Lourdes C. Arévalo-Galarza 

¹ Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Fructicultura. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco Km 36.5. Montecillo, Texcoco, México. C. P. 56264.

* Autor para correspondencia: luis.salome@colpos.mx

Problema

El crecimiento acelerado de la población demanda incrementar la cantidad de alimentos producidos para satisfacer sus necesidades alimenticias. No obstante, los sistemas de producción agrícolas enfrentan diversas limitantes, las cuales incluyen factores ambientales y tecnológicos. En el caso de los factores ambientales, el cambio climático altera tanto los ciclos de producción como los ciclos de aparición de las plagas que reducen el rendimiento de dichos sistemas. El concepto de plaga, de acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, incluye a cualquier organismo de tipo animal, vegetal o microorganismos que ocasione un efecto negativo sobre la producción agrícola (Figura 1). Por lo cual, es necesario desarrollar estrategias sustentables para su control, y mejorar la productividad de los cultivos. Las plagas pueden presentarse en cualquier etapa del

Cómo citar: Salomé-Abarca, L. F., & Arévalo-Galarza, M. de L. C. Extractos vegetales para el manejo de plagas: un enfoque metabolómico. *Agro-Divulgación*, 5(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i6.571>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Marzo 2026.

Agro-Divulgación, 5(6). Noviembre-Diciembre. 2025. pp: 69-73.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



Figura 1. Clasificación general de algunos tipos de plagas en sistemas agrícolas.

ciclo de producción, desde la germinación de la semilla hasta la cosecha. Adicionalmente, las plagas pueden afectar productos primarios o procesados en su etapa postcosecha durante su transporte y almacenamiento. En este sentido, las plagas ocasionan alrededor del 40% de pérdidas de productos agrícolas en campo, mientras que en etapas postcosecha, pueden ser del 30 al 100%.

Estas pérdidas, comprometen la seguridad alimentaria para el país y han propulsado el desarrollo de diversas tácticas de manejo de plagas, las cuales incluyen desde prácticas culturales hasta el desarrollo de agentes químicos para mitigar los daños, los cuales incluyen a los plaguicidas. A pesar de que estos productos constituyen la primera línea de defensa aplicada en sistemas agrícolas por su efecto en corto plazo y posibilidad de ser aplicados a grandes extensiones de cultivo, tienen grandes efectos negativos como la contaminación del ambiente, daño a la salud humana, alta residualidad y el desarrollo de resistencia por las plagas.

Por lo anterior a finales del año 2025, México prohibió la producción, importación y comercialización de 35 plaguicidas que son altamente dañinos para el ambiente y para la salud humana, entre los que destacan Aldicarb, Azafenidina, Azinfos metílico, Azocyclotin, Bioresmetrina, Bromuconazol, Captafol, Carbofurano, Carbosulfan, Clordano y Clorpirifos-metil. También el DDT, Endosulfan, Fentoato, Flusilazol, Fosfamidon y Hexaclorociclohexano, Lindano, Metidation, Óxido de fenbutatin, Paratión etil, Triclorfon, entre otros. Con el objetivo de tener una agricultura más sostenible, es importante la búsqueda de alternativas orgánicas para el manejo de plagas. Una opción es el uso de extractos vegetales que actúan como repelentes, agentes de eliminación de plagas e incluso como activadores de la defensa y crecimiento vegetal.

Solución Planteada

México, como un país megadiverso, representa un acervo invaluable de especies vegetales con alto potencial de aplicación fitosanitaria. Por ejemplo, aquellas especies que han mostrado efectividad en el control de plagas son: el aceite de neem (*Azadirachta indica*), el extracto de ajo (*Allium sativum*), el extracto de pelitre (*Anacyclus pyrethrum*), el extracto de chile (*Capsicum* spp.), entre otros. Aunado a ellos, existen al menos 300 especies vegetales con potencial para el manejo de plagas, pero su desarrollo y correcta aplicación se ha visto ralentizada debido a que su producción y uso se basa muchas veces en conocimiento empírico, el cual requiere de un proceso metodológico largo a fin de obtener un producto funcional.

En este sentido, el campo de la fitoquímica, a través de estudios biodirigidos, y la metabolómica a través de perfilados químicos de alta velocidad, pruebas biológicas y su correlación estadística ofrecen enfoques para la caracterización y descubrimiento de extractos y compuestos bioactivos con potencial agrícola. En este contexto, la metabolómica permite detectar de forma cualitativa y cuantitativa todos los metabolitos contenidos en un organismo que se desarrolla bajo condiciones específicas de crecimiento. Aunado al enfoque analítico de alto rendimiento, la metabolómica emplea métodos estadísticos que buscan la correlación entre la bioactividad de extractos vegetales y todos los metabolitos detectados simultáneamente en dichos extractos. Esto ofrece un enfoque sistemático y acelerado para

la selección de especies vegetales para la producción de extractos bioactivos o incluso la obtención de metabolitos puros con actividad biológica, especialmente en aquellas especies con poca o nula caracterización química y biológica (Figura 2).

Por ejemplo, el extracto de neem, tiene como principal compuesto activo la azadiracina, un limonoide; el extracto de chile posee capsaicinoides, de tipo alcaloide; el extracto de ajo contiene alicina, un compuesto azufrado, aceites esenciales ricos en mono y sesquiterpenos que pueden funcionar como repelentes de insectos o antimicrobianos; el aceite esencial de canela, rico en (E)-cinamaldehído y en combinación con otros aceites puede incrementar sus efectos. Sin embargo, existen otros compuestos menos explorados como los fructanos, que han mostrado potencial de actividad protectora contra microorganismos fitopatógenos. Los fructanos (un tipo de polisacárido a base de fructosa) no actúan directamente sobre los microorganismos, si no que aplicados sobre plantas son capaces de activar sus defensas, reduciendo la susceptibilidad de las plantas al ataque por hongos. Esto demuestra la amplia diversidad estructural y química de los productos naturales que pueden ser utilizados de forma individual o en combinación para obtener productos funcionales de tipo preventivos o curativos (Figura 3).

Los fructanos, se encuentran en especies endémicas de México como los agaves (*Agave spp.*), la dalia (*Dahlia spp.*) y el nardo (*Agave amica*). Todos ellos poseen estructuras de acumulación de estos polisacáridos, en los agaves en su piña; en la dalia se encuentran en sus raíces tuberosas y en el nardo dentro de sus bulbos (Figura 4). En el caso de la piña del agave pueden tener hasta el 30 % de rendimiento de extracto de fructanos, de las raíces tuberosas de dalia hasta el 80% y en los bulbos de nardo hasta 10%, dependiendo de la edad. Los agaves y el nardo poseen fructanos ramificados, llamados agavinas, mientras que las

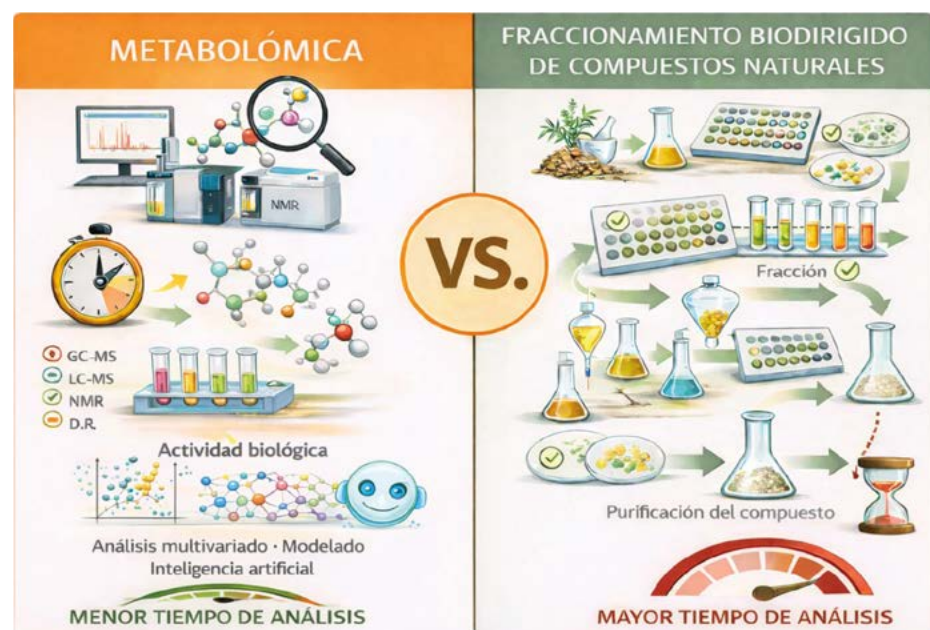


Figura 2. Comparación de los procesos y técnicas utilizadas en metabolómica y bajo el fraccionamiento biodirigido para el desarrollo de extractos vegetales con actividad biológica.

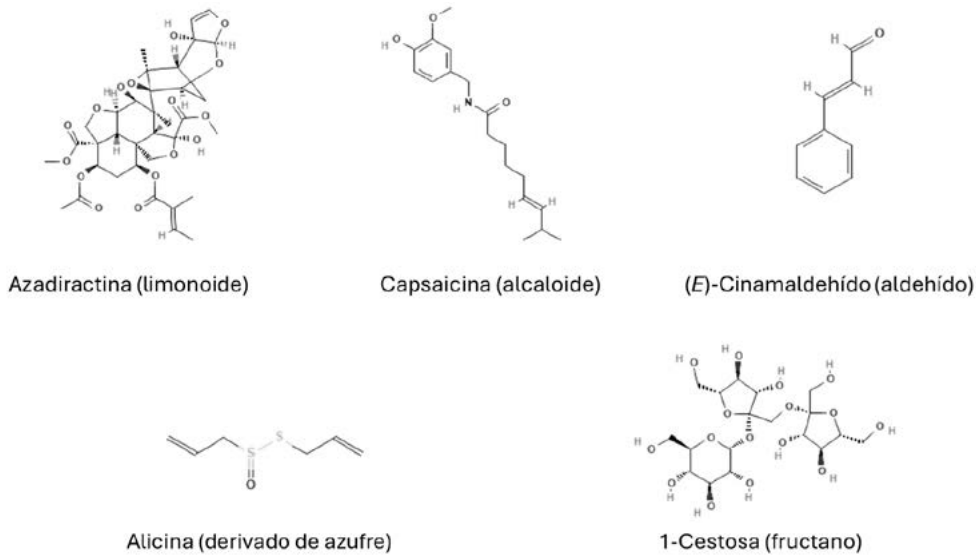


Figura 3. Estructuras químicas de algunos compuestos bioactivos encontrados en extractos vegetales.

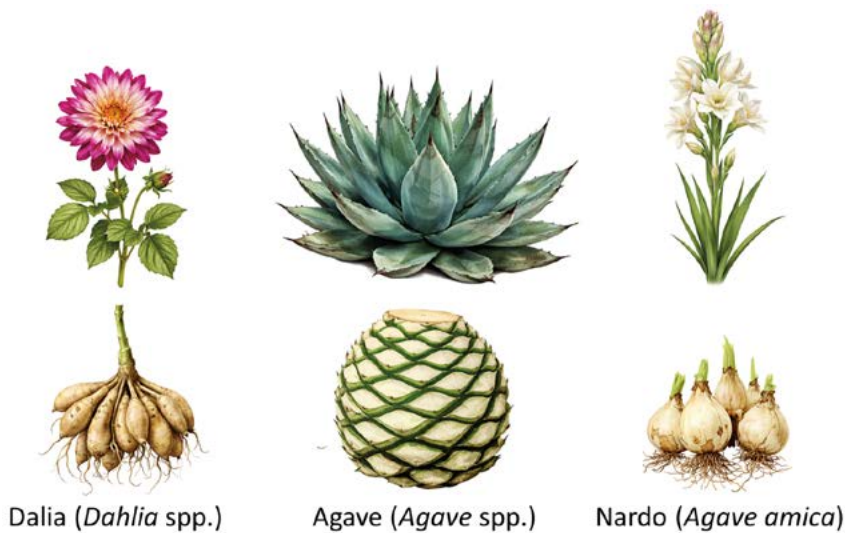


Figura 4. Plantas de dalia, agave y nardo en la parte superior y en la parte inferior sus estructuras acumuladoras de fructanos, raíces tuberosas, piña de agave y bulbos, respectivamente.

dalias poseen fructanos lineales, llamados inulinas. Hasta donde se sabe, cada uno de ellos produce diferentes respuestas sobre la planta, no obstante, sus efectos al ser combinados con otros tipos de metabolitos o extractos sigue siendo desconocido.

En este sentido, la metabolómica bajo un contexto de estudio de diseño de experimentos sería capaz de identificar interacciones aditivas, sinérgicas o incluso antagónicas al combinar, extractos de fructanos y de terpenos, polifenoles, alcaloides, entre otros y así determinar que especies vegetales serían idóneas para obtener mezclas de extractos bioactivos con efectos protectores, preventivos y curativos sobre las plagas de cultivos agrícolas. Esto puede resultar en formulaciones que combinen diferentes modos de acción y al ser

de baja residualidad, también reducir el riesgo de desarrollo de resistencia. Por lo tanto, para tener una agricultura más amigable con el medio ambiente se propone al uso de la metabolómica como una herramienta para el estudio, entendimiento de interacciones y desarrollo acelerado de formulaciones de extractos vegetales que contengan grupos de metabolitos bioactivos con aplicación en el manejo y control de plagas.

Innovación, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos, etc.	Asociaciones de Productores independientes Comunidades Agrarias	Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería	Social Económico Ambiental Conocimiento	Ciencia y Tecnología Económico Educación Responsabilidad Ambiental Salud Pública	Competitividad Recursos Humanos Comercio Capacitación	Transferencias tecnológicas Desarrollo de productos y servicios para la sociedad Exportación incremento (%) Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico Reducción de mortalidad
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible	Poblaciones en particular	Secundario: Actividades económicas que transforman las materias primas en productos elaborados (Agroindustria)				
Innovación frugal	Hacer más con menos. Idear estrategias de bajo costo para sortear las complejidades institucionales o limitaciones de recursos, conseguir innovar, desarrollar y entregar productos y servicios a los usuarios de bajos ingresos con poco poder adquisitivo		Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i)				

Cultivo *in vitro* como una potencial técnica para la conservación de *Sechium P. Browne*

Riviello-Flores, Maria de la Luz¹; Cadena-Iñiguez, Jorge^{3*}; Cruz-Izquierdo, Serafin^{2*}; Arévalo-Galarza, Ma. Lourdes²; De la Cruz-Torres, Eulogio⁴; Guevara-Buendía, Ángel⁵; Sánchez-Cabrera, Irma²

¹ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km 36.5 carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56264. Estancia Posdoctoral por México, Secretaria de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI).

² Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km 36.5 carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56264.

³ Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. Iturbide 73, Col. Centro, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. C. P. 78620.

⁴ Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Carretera México-Toluca S/N, La Marquesa, Ocoyoacac, C.P. 52750, Estado de México.

⁵ Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán (TESCHI). Estado de México, ubicada en Primavera s/n, Col. Santa María Nativitas, Chimalhuacán, C.P. 56330.

* Autor para correspondencia: jocadena@colpos.mx; seracruz@colpos.mx

Problema

La conservación del género *Sechium P. Browne*, en especial de *S. edule* y genotipos silvestres asociados, enfrenta retos significativos que se relacionan directamente con la fisiología de su semilla recalcitrante, que evita almacenarse en condiciones convencionales como ocurre con las ortodoxas, limitando las opciones reales de resguardo a largo plazo, obligando a que la conservación *ex situ* dependa principalmente de colecciones de campo o en invernadero. El modelo *ex situ*, requieren grandes áreas de cultivo, inversión continua, mano de obra entrenada y condiciones climáticas adecuadas. En consecuencia, el material conservado permanece expuesto a factores que pueden comprometer su permanencia, tales como los organismos plaga, eventos climáticos extremos, así como problemas de índole administrativa o laboral en las instituciones que las albergan. Lo anterior representa un desafío para los bancos de germoplasma.

Sechium constituye un recurso fitogenético estratégico para México por la relevancia alimentaria de la especie *S. edule* y sus variantes comestibles. Además, resultados recientes indican aplicaciones farmacológicas y nutracéuticas de otros genotipos del género, tales como *S. compositum* y *S. chinantlense*. Una ventaja del mejoramiento genético en *Sechium* son los híbridos y variantes obtenidas de la segregación, los cuales, por multiplicación asexual, se convierten en genotipos estables.



Cómo citar: Riviello-Flores, M. de la L., Cadena-Iñiguez, J., Cruz-Izquierdo, S., Arévalo-Galarza, M. L., De la Cruz-Torres, E., Guevara-Buendía, Ángel, & Sánchez-Cabrera, I. Cultivo *in vitro* como una potencial técnica para la conservación de *Sechium P. Browne*. *Agro-Divulgación*, 5(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i6.572>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Marzo 2026.

Agro-Divulgación, 5(6). Noviembre-Diciembre. 2025. pp: 75-80.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



La regeneración por semilla botánica es complicada, ya que la latencia prolongada en genotipos amargos, así como, la susceptibilidad a hongos y bacterias dificultan la obtención de plantas sanas y uniformes. Incluso en los bancos especializados, como el Banco Nacional de Germoplasma de *Sechium edule* en México del GISeM, la conservación depende de espacio físico y del esfuerzo continuo para sostener plantas trepadoras que requieren tutores, riego, monitoreo y mantenimiento, lo que en conjunto vuelve el proceso costoso y vulnerable. En este contexto, se vuelve imprescindible desarrollar y afinar protocolos de regeneración y multiplicación *in vitro* que ofrezcan una alternativa segura, eficiente y sostenible para la conservación de *Sechium P. Browne*. El establecimiento de estas metodologías permite reducir los riesgos asociados a la conservación tradicional en campo y asegurar la disponibilidad de estos recursos fitogenéticos estratégicos para el sector agroalimentario.

Solución planteada

Se desarrollaron protocolos de regeneración *in vitro* mediante organogénesis directa a partir de yemas, empleando 30 genotipos entre especies híbridos y segregantes provenientes del Banco Nacional de Germoplasma de Chayote (BANGeSe-GISeM). Se evaluaron cinco trenes de desinfección, variando concentraciones de alcohol, hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio, fungicida Captan y tiosulfato de sodio como neutralizante.

Se logró el establecimiento *in vitro* de yemas, generando brotes viables, uniforme en las primeras semanas. Los resultados obtenidos constituyen la base para la creación de una colección *in vitro* con aplicaciones en conservación, micropropagación, bioprospección y mejoramiento genético. Este avance fortalece las estrategias *ex situ* para la preservación del género *Sechium*, contribuyendo a la seguridad alimentaria, la investigación y el aprovechamiento sostenible de sus recursos (Figura 1).

Los frutos se lavaron, desinfectaron y establecieron individualmente en bolsas con suelo como sustrato en condiciones de invernadero ($26\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 75\%$ de humedad relativa) para su germinación. Una réplica de las accesiones fue depositada en el Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG).

Las yemas utilizadas como explantes se obtuvieron de puntas de tallos plagiotrópicos y apicales de plantas sanas. En laboratorio, se lavaron con jabón y agua y se sometieron a cinco trenes de desinfección variando principalmente el tipo y concentración del desinfectante, así como el uso de fungicidas y neutralizantes. Los tratamientos incluyeron alcohol (70-96%), hipoclorito de sodio (20-30%), hipoclorito de calcio (2%) y fungicida Captan (2%), además de una solución de tiosulfato de sodio al 0.02% para neutralizar el exceso de cloro (Cuadro 1).

Las yemas que permanecieron libres de hongos y bacterias se sembraron en medio MS para su multiplicación, gelificado con agar y suplementado con sacarosa; en una segunda formulación para la multiplicación se añadió 6-bencilaminopurina para mejorar el establecimiento. El pH se ajustó a 5.7-5.8 y el medio se esterilizó antes de la siembra. Los cultivos se incubaron a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ bajo un fotoperiodo de 16 h de luz.

Los experimentos se realizaron bajo un diseño completamente al azar con repeticiones, empleando análisis no paramétricos debido a la naturaleza del cultivo *in vitro* y enfocándose en la supervivencia e incidencia de contaminación en cada protocolo.

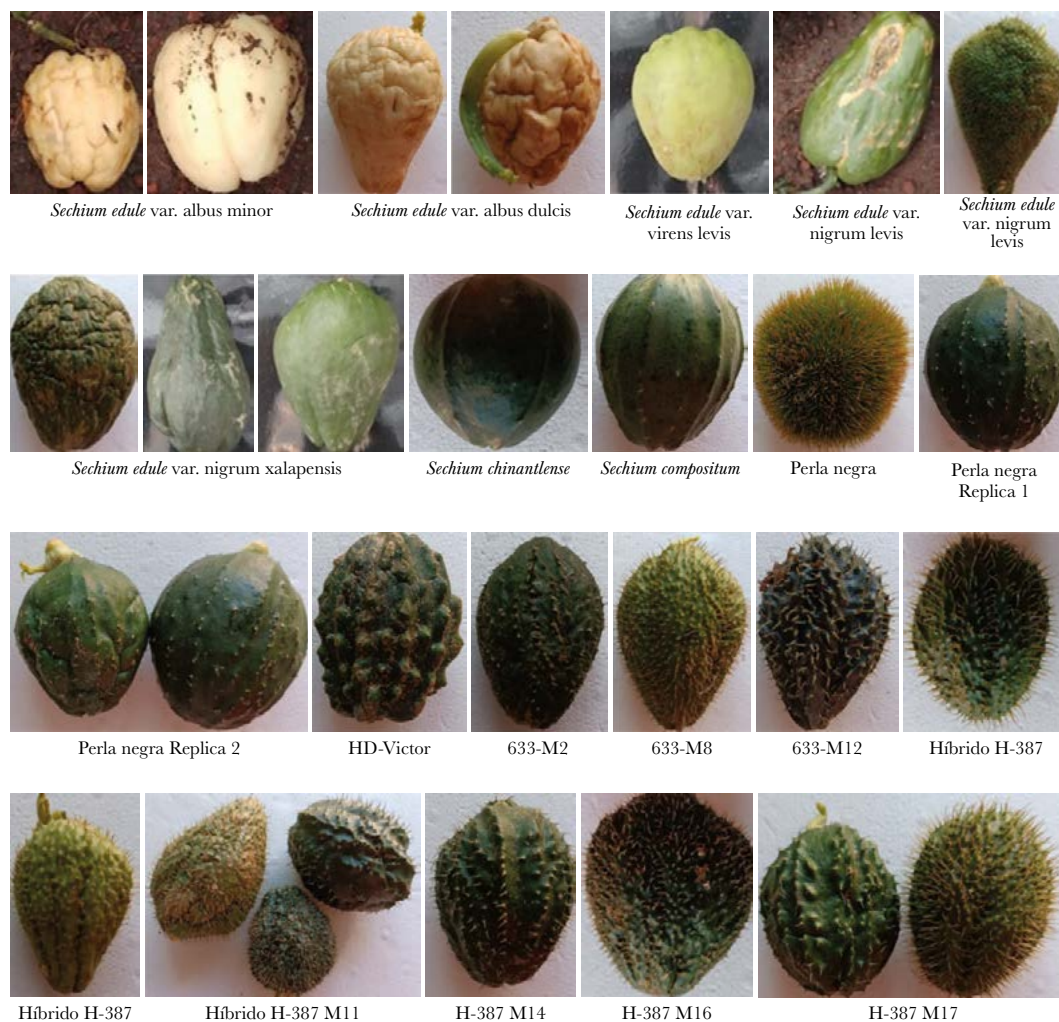


Figura 1. Genotipos de *Sechium* P. Browne recolectados en BANGESe-GISeM.

Cuadro 1. Comparación de cinco trenes de desinfección aplicados en el establecimiento *in vitro* de *Sechium* P. Browne.

Tren de desinfección	Componentes principales	Descripción general del tratamiento	Resultado observado
1. Alcohol + Hipoclorito de sodio	Alcohol 70%; Hipoclorito de sodio (30% v/v)	Esquema estándar para <i>Sechium</i> basado en protocolos previos.	13% de supervivencia. Mejor respuesta en <i>S. edule</i> 653.
2. Alcohol + Hipoclorito de sodio (variación)	Alcohol 96%; Hipoclorito de sodio 20% v/v por 8-9 min	Ajuste para reducir daño por alcohol y controlar contaminación.	Supervivencia baja; contaminaciones persistentes.
3. Captan + Hipoclorito de sodio	Captan 2% (30 min); Alcohol 96%; Hipoclorito de sodio 20% v/v	Incorpora fungicida previo para reducir hongos.	≈7% de supervivencia. 50% de contaminación; necrosis en tejidos.
4. Captan + Hipoclorito de sodio + Tiosulfato	Captan 2%; Hipoclorito de sodio 30% v/v; Tiosulfato de sodio 0.02%	Incluye neutralización del cloro para evitar daños oxidativos.	Establecimiento ≈7%; ligera reducción de daño oxidativo.
5. Captan + Hipoclorito de calcio + Tiosulfato	Captan 2%; Hipoclorito de calcio 2%; Tiosulfato de sodio 0.02%	Variante del tren 4 con hipoclorito de calcio.	Resultados similares al tren 4; requerirá ajustar tiempos/concentraciones.

La evaluación logró avances significativos en la conservación y propagación *in vitro* del género *Sechium* P. Browne. En primer lugar, se cumplió el objetivo de recolectar y resguardar la diversidad genética disponible: se obtuvieron 30 genotipos, incluyendo variedades cultivadas, híbridos, segregantes y genotipos silvestres, todos con germinación exitosa.

La etapa cero permitió obtener plantas madre vigorosas mediante multiplicación sexual y asexual. Las variedades de *S. edule* y los híbridos germinaron en aproximadamente tres meses, mientras que *S. compositum* y *S. chinantlense* presentaron latencia prolongada, coherente con su naturaleza silvestre y alto contenido de metabolitos secundarios, tales como la relación alta de triterpenos tetra y pentacíclicos contra la menor concentración de giberelinas. Todas las plantas se adaptaron al manejo en invernadero.

En la etapa de establecimiento *in vitro*, *Sechium compositum*, la var. Perla negra y *Sechium edule* 653 (wild type) se establecieron con el tren de desinfección 1. Teniendo solo 13% de supervivencia. *S. edule* 653, destaca por ser un material con mayor resistencia y capacidad de multiplicación.

Respecto a los genotipos 633-M12, H-387 M14 y H-387 M16, se establecieron con el tren de desinfección 3, donde intervino CAPTAN 50™. Teniendo solo el 7% de supervivencia. El hipoclorito de sodio al 1.5% y CAPTAN50™ al 2% por 30 min matuvieron a las yemas viables durante tres semanas, sin embargo, provocó la muerte del explante por necrosis y 50% de contaminación por hongos y bacterias.

Los protocolos 4 y 5, donde se comparó el hipoclorito de sodio y calcio, presentaron el mismo comportamiento con 7% de establecimiento. En este tren, se añadió un paso más al proceso de desinfección con una solución al 0.02% de tiosulfato de sodio. Sin embargo, la concentración debe ser modificada para garantizar mayor número de explantes viables.

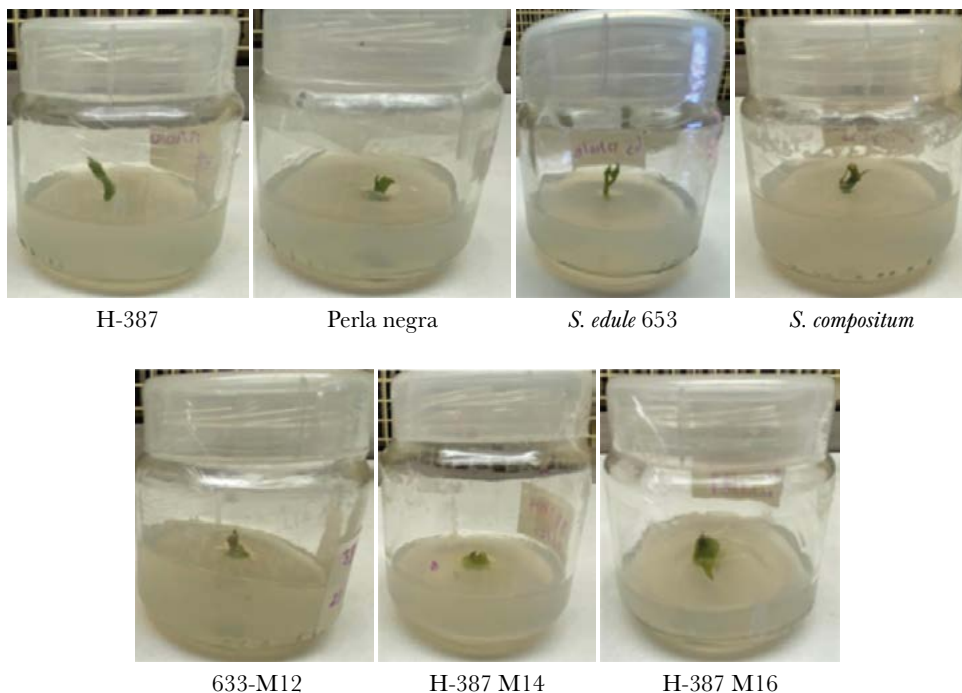


Figura 2. Genotipos de *Sechium* P. Browne establecidos *in vitro*, medio de crecimiento MS vitaminado.

En la etapa de multiplicación, H387, Var. Perla negra y *Sechium edule* 653 se encuentran en su tercera resiembra (Figura 3). *S. compositum* tuvo un desarrollo lento, sin embargo, su resiembra se hizo en medio enriquecido como 6-bencilaminopurina, registrando respuesta favorable.

Una parte de las accesiones multiplicadas (17%) fue enviada al Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG) (Figura 4) para el período de cuarentena para continuar con el proceso de multiplicación e incorporación formal como accesión dentro del banco.



Figura 3. Etapa de multiplicación en medio MS y mantenimiento de *Sechium P. Browne*. Cámara de crecimiento.



Figura 4. Entrega y preparación del Material *in vitro* *Sechium P. Browne*. Cámara de crecimiento para plantas en proceso de cuarentena en CNRG.

La evaluación demostró que el cultivo *in vitro* es una estrategia viable para la conservación de *Sechium*. La adaptación de medios, como la sustitución temporal de D-sacarosa por azúcar comercial, permitió continuar el proceso con resultados alentadores.

Estos avances contribuyen directamente al cumplimiento de los Objetivos para el Desarrollo Sustentable (ODS) 2, 12, 13 y 15, relacionados con la seguridad alimentaria, la producción y consumo responsables, la mitigación y adaptación al cambio climático, y la conservación y uso sostenible de la biodiversidad, y se alinean con agendas nacionales, tales como Los Programas Nacionales Estratégicos (PRONACES) gestionados por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) como una iniciativa del Gobierno de México (periodo 2024-2030) diseñada para articular esfuerzos de investigación y desarrollo tecnológico para resolver problemas nacionales urgentes y prioritarios, fortaleciendo la seguridad alimentaria, la conservación de agrobiodiversidad y el aprovechamiento sustentable de recursos fitogenéticos.

Retribución social

Bajo este proyecto el estudiante del Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán, de la carrera de ingeniería Química, Ángel Guevara Buendía, desarrollo un reporte de residencia profesional. La investigación estuvo financiada por el proyecto interno del Colegio De Postgraduados con clave CONV_ RGA_2025_ 03, Modalidad B.

Innovación, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos, etc.	Asociaciones de Productores	Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i)	Social	Ciencia y Tecnología	Competitividad	Registro solicitado y concedido
Procesos	Implementación de una nueva o significativa mejora de un método de producción o de suministro.			Económico	Económico	Recursos Humanos	Certificaciones
				Ambiental	Educación	Comercio	Patentes solicitadas y concedidas
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible			Conocimiento	Responsabilidad Ambiental	Generación de empleos	Numero de tesis
					Salud Pública	Capacitación	Número de egresados (Lic. M.C., D.C.) Número de publicaciones